

Universidad Nacional de Ingeniería
Facultad de Ingeniería Geológica Minera y Metalúrgica




TESIS

**Caracterización geológica y geomecánica de la cantera
Yanamachay, para la construcción del campamento de la Unidad
de Producción El Porvenir - Pasco**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Geólogo.


Elaborado por

José Alberto Ayala Córdova

 0009-0003-2254-6741

Asesora

MSc. Nora Nelly Revollé Álvarez

 0000-0003-1818-9561

LIMA – PERÚ

2023

Citar/How to cite	Ayala Córdova [1]
Referencia/Reference	[1] J. Ayala Córdova, “ <i>Caracterización geológica y geomecánica de la cantera Yanamachay, para la construcción del campamento de la Unidad de Producción El Porvenir – Pasco</i> ” [Tesis de pregrado]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2023.
Estilo/Style: IEEE 2020)	

Citar/How to cite	(Ayala, 2023)
Referencia/Reference	Ayala, J. (2023). <i>Caracterización geológica y geomecánica de la cantera Yanamachay, para la construcción del campamento de la Unidad de Producción El Porvenir – Pasco</i> [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

*A mi madre Nancy, quien, pese a las adversidades,
siempre nos impulsó a salir adelante a mis
hermanos y a mí.*

*A mi querida esposa Candy y a mi pequeña hija Camila,
por todo el apoyo y amor que me brindan y por
las que trato de superarme día a día.*

Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a mis asesoras Ing. Nora Revolle e Ing. Graciela Gonzáles, por brindarme su invaluable apoyo, tiempo y expertise, durante la elaboración de la presente tesis.

Resumen

El presente trabajo comprende la caracterización geológica y geomecánica de la cantera Yanamachay, en cuya plataforma se proyecta construir el campamento minero, por ello se realizaron trabajos de campo con el objetivo de analizar los taludes rocosos de la cantera y garantizar su estabilidad.

Se ejecutó el mapeo geológico local de la cantera, identificando a la Formación Chambará, que consta de estratos de calizas de espesor variable, moderadamente fracturadas a fracturadas. Así mismo, se realizó el mapeo geomecánico mediante la metodología de celdas de detalle, identificando las estructuras principales. Los trabajos de campo consistieron en la ejecución de ocho calicatas en la parte alta de la cantera, para determinar el espesor del material de cobertura; diecinueve estaciones geomecánicas para identificar las principales familias de discontinuidades y diecinueve ensayos con el martillo de Schmidt, para estimar la resistencia a la compresión de la masa rocosa y discontinuidades. La información obtenida de campo, ensayos de laboratorio y registros geomecánicos en la cantera, permitió delimitar seis zonas geomecánicas, con calidades de roca variables que van de calidad mala (Zona 1) a calidad buena (Zona 6) y la obtención de parámetros geomecánicos representativos para cada una de ellas. Esto permitió realizar el análisis de estabilidad cinemático y global, optimizando la geometría de los taludes y el ángulo de los bancos a 63°.

Palabras claves — Caracterización, macizo rocoso, estaciones geomecánicas, estabilidad.

Abstract

This work includes the geological and geomechanical characterization of the Yanamachay quarry, on the platform of which the mining camp is planned to be built, so field work was carried out to analyze the rocky slopes of the quarry and ensure its stability.

Local geological mapping of the quarry was carried out, identifying the Chambará Formation, which consists of limestone strata of variable thickness, moderately fractured to fractured. Likewise, geomechanical mapping was carried out using the detail cell methodology, identifying the main structures. The field work consisted of the execution of eight calicatas in the upper part of the quarry, to determine the thickness of the cover material; nineteen geomechanical stations to identify the main families of discontinuities and nineteen tests with the Schmidt hammer, to estimate the compressive strength of the rock mass and discontinuities.

The information obtained from the field, laboratory tests and geomechanical records in the quarry, allowed delimiting six geomechanical zones, with variable rock qualities ranging from poor quality (Zone 1) to good quality (Zone 6) and obtaining representative geomechanical parameters for each of them. This allowed performing the kinematic and global stability analysis, optimizing the geometry of the slopes and the angle of the benches at 63°.

Keywords — Characterization, rock mass, geomechanical stations, stability.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen.....	v
Abstract.....	vi
Introducción.....	xvi
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo.....	1
1.1 Generalidades.....	1
1.1.1 Ubicación y accesibilidad.....	1
1.1.2 Geomorfología.....	1
1.1.3 Clima y vegetación.....	2
1.2 Descripción del problema de investigación.....	3
1.2.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2.2 Situación problemática.....	3
1.2.3 Formulación del problema.....	4
1.2.4 Justificación de la investigación.....	4
1.3 Objetivos del estudio.....	5
1.3.1 Objetivo general.....	5
1.3.2 Objetivos específicos.....	5
1.4 Hipótesis de la tesis.....	5
1.4.1 Hipótesis general.....	5
1.4.2 Hipótesis específicas.....	5
1.5 Antecedentes investigativos.....	6
1.5.1 Antecedentes internacionales.....	6
1.5.2 Antecedentes nacionales.....	7
Capítulo II. Marco teórico y conceptual.....	10
2.1 Marco teórico.....	10
2.1.1 Caracterización geológica de la cantera.....	10
2.1.2 Caracterización geomecánica de la cantera.....	10

2.1.3	Clasificación del macizo rocoso.....	11
2.1.4	Criterios de rotura del macizo rocoso	22
2.1.5	Resistencia al corte de los planos de discontinuidad	26
2.1.6	Análisis de estabilidad de taludes rocosos	29
2.2	Marco conceptual	34
2.2.1	Discontinuidad.....	34
2.2.2	Factor de seguridad.....	34
2.2.3	Macizo rocoso	34
2.2.4	Matriz rocosa.....	34
2.2.5	Talud	34
2.3	Metodología de la investigación.....	35
2.3.1	Tipo de investigación.....	35
2.3.2	Diseño de la investigación	35
2.3.3	Población y Muestra	36
2.3.4	Recolección y procesamiento de la información	36
2.4	Normas y reglamentaciones	36
Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación		38
3.1	Geología regional	38
3.1.1	Estratigrafía	39
3.1.2	Geología estructural	41
3.2	Geología local	41
3.2.1	Estratigrafía.....	44
3.2.2	Geología estructural	53
3.2.3	Hidrogeología	57
3.2.4	Condiciones actuales del macizo rocoso	57
3.3	Investigaciones geotécnicas.....	59
3.3.1	Calicatas o excavaciones a cielo abierto	59
3.3.2	Estaciones geomecánicas	60

3.3.3	Ensayos con martillo de Schmidt.....	60
3.4	Mapeo geológico y geomecánico en la superficie de la cantera	62
3.5	Distribución de las discontinuidades	63
3.5.1	Estructuras mayores.....	64
3.5.2	Estructuras menores	64
3.6	Aspectos estructurales	65
Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados		67
4.1	Descripción geotécnica de suelos	67
4.2	Análisis geomecánico.....	68
4.2.1	Resultados de los ensayos de carga puntual.....	68
4.2.2	Resultados de los ensayos de propiedades físicas	69
4.2.3	Resistencia de la roca intacta.....	70
4.3	Clasificación geomecánica de la masa rocosa	72
4.4	Zonificación geomecánica de la masa rocosa	74
4.5	Propiedades físico-mecánicas de las zonas geomecánicas	74
4.5.1	Resistencia de la roca intacta.....	74
4.5.2	Resistencia de las discontinuidades	75
4.5.3	Parámetros de resistencia de la masa rocosa	77
4.6	Análisis estereográfico	78
4.7	Grado de fracturamiento y RQD	82
4.8	Sismicidad.....	84
4.9	Análisis cinemático de los taludes existentes	85
4.9.1	Resultados	85
4.10	Diseño de taludes propuesto.....	86
4.10.1	Metodología de análisis.....	86
4.10.2	Análisis cinemático para el talud óptimo	87
4.11	Análisis de estabilidad de la Cantera Yanamachay	87
4.11.1	Análisis de estabilidad de roturas en taludes.....	88

4.11.2 Análisis de estabilidad global.....	94
4.12 Presupuesto	101
Conclusiones	104
Recomendaciones	107
Referencias bibliográficas.....	108
Anexos.....	112
Anexo 1: Registros de excavación	2
Anexo 2: Certificados de ensayos de laboratorio	11
Anexo 3: Formatos de estaciones geomecánicas (SMR-RMR).....	33
Anexo 4: Resultados de los ensayos de martillo de Schmdit	53
Anexo 5: Parámetros de resistencia de la masa rocosa y discontinuidades.....	93
Anexo 6: Análisis estereográfico	108
Anexo 7: Análisis cinemático del macizo rocoso	123
Anexo 8: Análisis de estabilidad	172
Anexo 9: Planos.....	183

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1: Resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa.....	16
Tabla 2: Calidad de la roca de acuerdo con el RQD	16
Tabla 3: Espaciamiento de las discontinuidades.....	17
Tabla 4: Abertura de las discontinuidades	17
Tabla 5: Persistencia de las discontinuidades.....	17
Tabla 6: Rugosidad de las discontinuidades	18
Tabla 7: Grado de meteorización de las discontinuidades	18
Tabla 8: Tipo de relleno de las discontinuidades.....	18
Tabla 9: Condiciones de agua subterránea.....	19
Tabla 10: Orientación de las discontinuidades con relación al eje del talud	19
Tabla 11: Corrección del RMR por la orientación de las discontinuidades para taludes..	19
Tabla 12: Calidad del macizo rocoso según clasificación RMR.....	20
Tabla 13: Factores de ajuste de las discontinuidades.....	21
Tabla 14: Factores de ajuste según el método de excavación	21
Tabla 15: Descripción de las clases SMR.....	22
Tabla 16: Ubicación de las calicatas ejecutadas.....	59
Tabla 17: Ubicación de las estaciones geomecánicas realizadas.	60
Tabla 18: Resultados de la prueba del martillo de Schmidt en la masa rocosa	61
Tabla 19: Resultados de la prueba del martillo de Schmidt en las paredes.....	61
Tabla 20: Resumen de los principales sistemas de discontinuidades	63
Tabla 21: Ensayos de laboratorio en suelos	67
Tabla 22: Resultados de los ensayos estándares	67
Tabla 23: Resultados de los ensayos de corte directo	68
Tabla 24: Resultados de los ensayos de carga puntual	69
Tabla 25: Resultados de los ensayos de propiedades físicas	70
Tabla 26: Resultados de los ensayos – Martillo de Schmidt y Carga puntual.....	70

Tabla 27: Clasificación geomecánica RMR y GSI	72
Tabla 28: Clasificación geomecánica SMR	73
Tabla 29: Zonificación geomecánica de la masa rocosa	74
Tabla 30: Resistencia de la roca intacta para cada zona geomecánica	75
Tabla 31: Ángulo de fricción residual de la discontinuidad (ϕ_r).....	76
Tabla 32: Parámetros de resistencia al corte en discontinuidades	77
Tabla 33: Parámetros de resistencia de la masa rocosa.....	78
Tabla 34: Grado de fracturamiento de la roca.....	82
Tabla 35: Grado de fracturamiento en las estaciones geomecánicas	82
Tabla 36: Grado de fracturamiento en las zonas geomecánicas.....	83
Tabla 37: J_v y RQD para cada estación geomecánica.....	83
Tabla 38: RQD para cada zona geomecánica	84
Tabla 39: Resumen del análisis cinemático en las zonas geomecánicas.....	86
Tabla 40: Resultado del análisis cinemático en las zonas geomecánicas.....	87
Tabla 41: Factores de seguridad mínimos para considerar un talud estable.....	88
Tabla 42: Parámetros geotécnicos adoptados – Rotura planar.....	89
Tabla 43: Parámetros geotécnicos adoptados – Rotura en cuña	91
Tabla 44: Resumen de factores de seguridad del análisis de estabilidad global.	101
Tabla 45: Precios unitarios - Minado y/o movimiento de tierras	102
Tabla 46: Resumen del presupuesto	103

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1: Ubicación de la Cantera Yanamachay	1
Figura 2: Cantera Yanamachay sobre ladera inclinada. Vista al Noreste	2
Figura 3: Vista del “césped andino” e ichu como cobertura superficial	3
Figura 4: Vista del “césped andino” sobre los afloramientos de roca	3
Figura 5: Índice GSI para macizos rocosos.....	12
Figura 6: Ábaco de Schmidt para resistencia a la compresión simple	15
Figura 7: Envolvente Mohr–Coulomb en función de esfuerzos tangenciales.....	24
Figura 8: Valores de m_i para distintos tipos de rocas	25
Figura 9: Estimación del factor de alteración D	26
Figura 10: Perfiles y coeficientes de rugosidad	28
Figura 11: Método alternativo para estimar el JRC.....	29
Figura 12: Representación estereográfica de los planos de discontinuidad	31
Figura 13: Métodos de Equilibrio Límite	32
Figura 14: Análisis de Fuerzas por dovelas en el Método de Spencer	33
Figura 15: Geología regional del área de estudio.....	38
Figura 16: Columna estratigráfica regional del área de estudio.....	39
Figura 17: Vista de los bancos de la cantera Yanamachay	42
Figura 18: Geología local del área de estudio	43
Figura 19: Columna estratigráfica local del área de estudio	44
Figura 20: Vista hacia el banco nv. 4076. Crestones de calizas masivas.....	45
Figura 21: Vista hacia el banco nv. 4076. Intercalación de calizas masivas, margas	46
Figura 22: Vista hacia el lado Oeste del banco nv. 4084. Estratos masivos de caliza	46
Figura 23: Vista hacia el banco nv. 4084. Detalle de caliza masiva	47
Figura 24: Vista desde el banco nv. 4084. Estratos tabulares y delgados de calizas	48
Figura 25: Estratos de calizas controlados por fallas tectónicas	48
Figura 26: Vista de la Unidad 4, controlada por dos fallas tectónicas regionales	49

Figura 27: Falla tectónica regional Este (color rojo)	50
Figura 28: Estratos de calizas de espesor medio a grueso, de buenas condiciones	51
Figura 29: Calizas mayormente sanas, con menor grado de fracturamiento.....	51
Figura 30: Secuencias de calizas de alta dureza y resistencia.....	52
Figura 31: Calizas medianamente fracturadas a fracturadas	53
Figura 32: Vista hacia el banco nv. 4108. Falla tectónica regional Oeste (FRO).....	54
Figura 33: Vista hacia el banco nv. 4100. Falla tectónica regional Este (FRE).....	54
Figura 34: Vista al banco nv. 4100. Falla local (color rojo), con rumbo N75°E	55
Figura 35: Vista al banco nv. 4084. Falla tectónica local (color rojo), rumbo E-O.....	55
Figura 36: Vista al banco nv. 4100. Falla tectónica local (color rojo), rumbo N25°O	56
Figura 37: Vista al banco nv. 4100. Falla tectónica local (color rojo), rumbo N20°O	56
Figura 38: Suelo areno arcilloso sobre los bancos de la cantera	58
Figura 39: Estratos de rocas calcáreas y las seis unidades litológicas.....	58
Figura 40: Proyección estereográfica de contornos y círculos mayores	64
Figura 41: Proyección estereográfica de contornos y círculos menores.....	65
Figura 42: Distribución de la Resistencia a la compresión - Martillo de Schmidt	71
Figura 43: Distribución de la Resistencia a la compresión – Carga puntual	71
Figura 44: Proyección estereográfica representativa – Zona geomecánica 1	79
Figura 45: Proyección estereográfica representativa – Zona geomecánica 2	79
Figura 46: Proyección estereográfica representativa – Zona geomecánica 3	80
Figura 47: Proyección estereográfica representativa – Zona geomecánica 4	80
Figura 48: Proyección estereográfica representativa – Zona geomecánica 5	81
Figura 49: Proyección estereográfica representativa – Zona geomecánica 6	81
Figura 50: Zonas sísmicas del territorio nacional	84
Figura 51: Factor de seguridad estático – Rotura planar.....	89
Figura 52: Factor de seguridad pseudo-estático – Rotura planar	90
Figura 53: Factor de seguridad estático Rotura en cuña – Zona 1	91
Figura 54: Factor de seguridad pseudo-estático Rotura en cuña – Zona 1	92

Figura 55: Factor de seguridad estático Rotura en cuña – Zona 3.....	92
Figura 56: Factor de seguridad pseudo-estático Rotura en cuña – Zona 3	93
Figura 57: Factor de seguridad estático Rotura en cuña – Zona 5.....	93
Figura 58: Factor de seguridad pseudo-estático Rotura en cuña – Zona 5	94
Figura 59: Configuración típica propuesta para los taludes rocosos	94
Figura 60: Análisis de estabilidad global Zona 1 – Condición estática	95
Figura 61: Análisis de estabilidad global Zona 1 – Condición pseudo-estática.....	96
Figura 62: Análisis de estabilidad global Zona 2 – Condición estática	96
Figura 63: Análisis de estabilidad global Zona 2 – Condición pseudo-estática.....	97
Figura 64: Análisis de estabilidad global Zona 3 – Condición estática	97
Figura 65: Análisis de estabilidad global Zona 3 – Condición pseudo-estática.....	98
Figura 66: Análisis de estabilidad global Zona 4 – Condición estática	98
Figura 67: Análisis de estabilidad global Zona 4 – Condición pseudo-estática.....	99
Figura 68: Análisis de estabilidad global Zona 5 – Condición estática	99
Figura 69: Análisis de estabilidad global Zona 5 – Condición pseudo-estática.....	100
Figura 70: Análisis de estabilidad global Zona 6 – Condición estática	100
Figura 71: Análisis de estabilidad global Zona 6 – Condición pseudo-estática.....	101

Introducción

Los problemas relacionados a la estabilidad de taludes, ya sea en suelos o rocas, se suelen encontrar principalmente en proyectos de explotación minera y construcción de infraestructura. Nexa Perú como parte de sus planes de expansión, tiene la necesidad de contar con un nuevo campamento minero para albergar al personal de las empresas contratistas que se encuentran laborando en la Unidad de Producción El Porvenir. La proyección del nuevo campamento se encuentra en la plataforma de la antigua cantera Yanamachay, que está conformada por taludes rocosos de diversas características estructurales y potencialmente inestables.

Por tanto, el propósito principal de la presente Tesis es realizar la caracterización geológica y geomecánica de la cantera Yanamachay, con la finalidad de tener un mejor conocimiento de la mecánica de rocas y del comportamiento de las estructuras en los taludes de roca que conforman la cantera.

La información obtenida de campo (mapeo geológico y geomecánico, investigaciones geotécnicas), ensayos de laboratorio y registros geomecánicos realizados en la cantera, permitió determinar seis zonas geomecánicas, con características y calidades de roca variables y parámetros geomecánicos representativos. Esto permitió realizar un correcto análisis de los taludes, optimizando su geometría y garantizando la viabilidad e integridad del futuro campamento minero.

La presente Tesis, pretende presentar una metodología de trabajo que permita servir como modelo para proyectos similares a nivel básico, incluyendo las etapas de campo, gabinete y finalmente, el modelo geológico y geomecánico de los taludes rocosos que conforman la cantera, y que garanticen su estabilidad.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

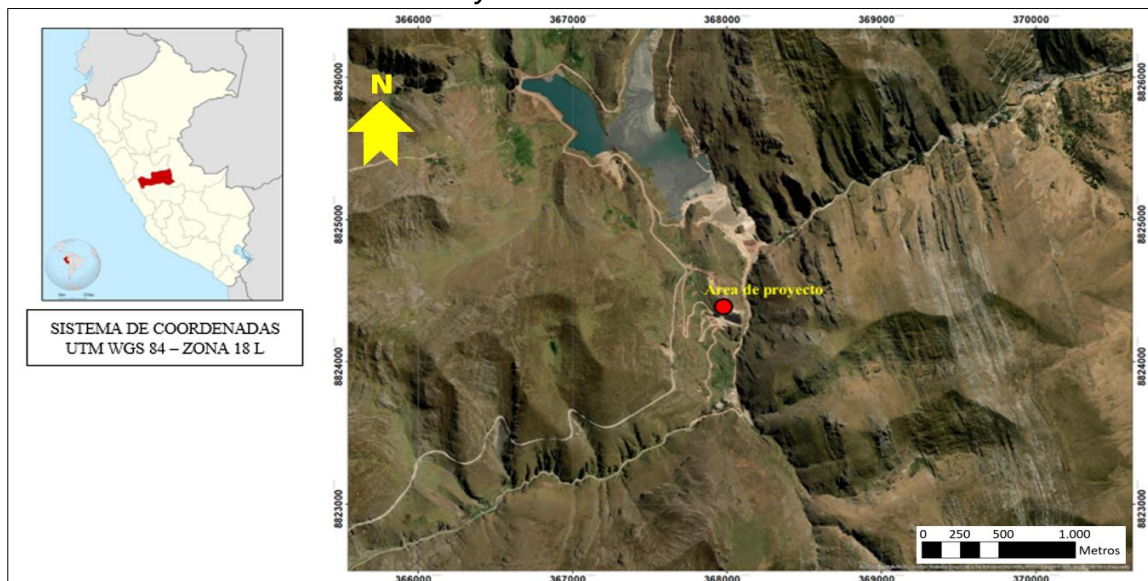
1.1 Generalidades

1.1.1 Ubicación y accesibilidad

Políticamente el área de investigación se encuentra en el Distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacán, Provincia de Pasco, Pasco, a una altitud de 4,100 m.s.n.m. Las coordenadas UTM WGS 84, Zona 18L son 367,969 E y 8'824,430 N (Ver Figura 1).

El acceso desde Lima es mediante vía terrestre por la Carretera Central a través de una vía pavimentada y asfaltada de aproximadamente 350 km, hasta llegar a Cerro de Pasco y desde allí por una vía afirmada de 9 km hasta llegar a la cantera Yanamachay, totalizando un tiempo de viaje de 7 horas en camioneta aproximadamente.

Figura 1
Ubicación de la Cantera Yanamachay



Nota: Fuente Google Earth (2018)

1.1.2 Geomorfología

La zona de estudio se encuentra dentro de las altiplanicies interandinas que separan la Cordillera Occidental de la Cordillera Oriental. Carlotto, Romero, Chacaltana y Valdivia (2005) diferenciaron cinco unidades geomorfológicas, dos de ellas se encuentran en las altiplanicies interandinas: planicie del lago Junín y bosque de rocas; y las otras tres, en la Cordillera Oriental: Cordillera Oriental (sensu estricto), borde Oeste de la Cordillera

Oriental, y Valles interandinos.

El área del proyecto se encuentra dentro de la unidad geomorfológica Valles Interandinos. Son valles juveniles en forma de “V” con laderas inclinadas (Ver Figura 2) y pueden llegar a formar cañones con laderas subverticales. La altitud en el fondo de los valles en promedio es de 3,200 m.s.n.m. y en las cumbres de los cerros 4,400 m.s.n.m.

Figura 2

Cantera Yanamachay sobre ladera inclinada. Vista al Noreste



Nota: Elaboración propia

1.1.3 Clima y vegetación

El clima se caracteriza por estaciones húmedas y secas. La estación seca se manifiesta en los meses de mayo a octubre. El periodo de lluvias más continuo se da en los meses de enero a abril. En las noches la temperatura puede llegar a niveles bajo cero.

En las altas punas se observa la presencia de pajonales andinos del subtipo “césped andino” (Flores, Alegría y Granda, 2005), dominado por gramíneas y pequeños rodales de queñuales (*Polylepis incana*). Alrededor de los 4,000 m.s.n.m., los árboles de quiñual son restos de antiguos bosques de altura. Entre las gramíneas predomina el ichu (Ver Figura 3 y Figura 4).

Figura 3

Vista del “césped andino” e ichu como cobertura superficial



Nota: Elaboración propia

Figura 4

Vista del “césped andino” sobre los afloramientos de roca



Nota: Elaboración propia

1.2 Descripción del problema de investigación

1.2.1 Planteamiento del problema

En este apartado se plantean la situación problemática, formulación del problema y la justificación de la investigación.

1.2.2 Situación problemática

El área donde se proyecta construir el nuevo campamento minero se encuentra en la antigua cantera Yanamachay, que está conformada por taludes rocosos de diversas

características estructurales y potencialmente inestables, que podrían afectar la construcción y vida útil del futuro campamento minero.

Por tanto, es de suma importancia realizar la caracterización geológica y zonificación geomecánica de la cantera Yanamachay, que permita identificar los posibles sectores inestables y recomendar una configuración óptima de los taludes rocosos que garantice la estabilidad del futuro campamento minero.

1.2.3 Formulación del problema

En el campo de la minería e ingeniería civil, se suelen encontrar problemas relacionados a la estabilidad de taludes, ya sea en suelos o rocas, principalmente para proyectos de explotación minera y construcción de infraestructura. Nexa Perú como parte de sus planes de expansión, tiene la necesidad de contar con un nuevo campamento minero para albergar al personal de las empresas contratistas que se encuentran laborando en la Unidad de Producción El Porvenir. La proyección del nuevo campamento minero, con una capacidad para 1600 trabajadores, se encuentra en la plataforma de la antigua cantera Yanamachay, que está conformada por taludes rocosos de diversas características estructurales y potencialmente inestables. Por ello, es necesario realizar la caracterización geológica y geomecánica de la cantera con la finalidad de estimar y asegurar la previsibilidad de costo, plazo, operatividad y éxito en la fase de ejecución de la construcción del nuevo campamento.

1.2.4 Justificación de la investigación

La estabilidad de un talud está determinada por factores geométricos (altura e inclinación), factores geológicos (que condicionan la presencia de planos y zonas de debilidad y anisotropía en el talud), factores hidrogeológicos (presencia de agua) y factores geotécnicos o relacionados con el comportamiento mecánico del terreno (resistencia y deformabilidad). El conocimiento de cada uno de los factores permite un correcto análisis del talud, la evaluación del estado del talud y diseñar medidas de prevención y corrección del talud (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, y Oteo 2002).

Por ello, se desarrolló la caracterización geológica y geomecánica de los taludes

de la Cantera Yanamachay, con la finalidad de tener un mejor conocimiento de la mecánica de rocas y del comportamiento de las estructuras que constituyen la cantera Yanamachay y de esta manera, garantizar la seguridad del futuro campamento minero.

1.3 Objetivos del estudio

1.3.1 Objetivo general

Realizar la caracterización geológica y geomecánica de la cantera Yanamachay, que permita garantizar la viabilidad de la construcción del nuevo campamento minero de la Unidad de Producción El Porvenir.

1.3.2 Objetivos específicos

Del objetivo general se desprenden los siguientes objetivos específicos:

- Realizar el cartografiado de la geología a nivel local de la cantera.
- Realizar el mapeo geomecánico de los taludes expuestos, identificando las familias de discontinuidades dominantes y la calidad de los macizos rocosos.
- Realizar el análisis cinemático e identificar los mecanismos de rotura.
- Realizar el análisis de estabilidad física de la zona de la cantera.
- Recomendar un plan de control de la estabilidad y de contingencia de la zona de la cantera.
- Presentar una metodología de trabajo que permita servir como modelo para proyectos similares.

1.4 Hipótesis de la tesis

1.4.1 Hipótesis general

La caracterización geológica y geomecánica de la cantera Yanamachay, considerando las diversas variables que afectan a la estabilidad física de la misma, ayudaría a identificar y mitigar el riesgo potencial de posibles mecanismos de roturas que podrían afectar la construcción y vida útil del futuro campamento minero.

1.4.2 Hipótesis específicas

- Al realizar el cartografiado geológico local de la cantera, se identificará la

litoestratigrafía existente, así como la geología estructural y procesos geodinámicos que dominen el área de estudio.

- Al realizar el mapeo geomecánico, permitiría determinar los dominios estructurales predominantes, y con base a ello obtener parámetros geomecánicos de la masa rocosa.
- Realizar el análisis cinemático de los taludes rocosos permitirían identificar los potenciales mecanismos de roturas y sectores inestables.
- Al realizar el análisis de estabilidad física, mediante el tendido adecuado de los taludes existentes y la construcción de bancos, se garantizaría la estabilidad de los taludes de corte proyectados en la Cantera Yanamachay.
- Recomendando un plan de control de la estabilidad, se permitiría predecir potenciales sectores inestables y tomar las medidas correctivas pertinentes.
- Los resultados de la presente investigación servirán de modelo para futuros trabajos y/o proyectos similares.

1.5 Antecedentes investigativos

1.5.1 Antecedentes internacionales

En cualquier parte de la superficie terrestre la gravedad empuja continuamente los materiales hacia niveles inferiores. Los problemas que presenta la estabilidad de taludes, tanto naturales como excavados, han sido objeto de análisis en varios dominios de la actividad humana y con especial atención en los incluidos en la ingeniería civil. (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1987). Como solución a esta problemática, surgen las primeras investigaciones técnicas y se desarrollaron métodos de análisis de estabilidad de taludes.

La aplicación del criterio empírico de rotura de Hoek y Brown para la roca homogénea e isótropa y para el macizo rocoso es habitual y está muy extendido en el ámbito de la mecánica de rocas en las últimas décadas, y en particular en el análisis de estabilidad de taludes. Hoek y Brown (1997) desarrollaron el criterio de rotura, que se ha

ido modificando a lo largo del tiempo para cubrir las necesidades teóricas que no abarcaba el criterio original, basándose en la experiencia conseguida con motivo de su aplicación.

Morales (2009) en su Tesis titulada “Caracterización geotécnica y determinación de ángulos de talud en Yacimiento Franke” menciona lo siguiente:

Debido a la complejidad que presentan los macizos rocosos, diversos autores han intentado establecer sistemas de clasificación del mismo. Muchos de estos métodos han sido mejorados subsecuentemente, sin embargo, la mayoría de estos se basa en observaciones cualitativas y por ello se hace muy importante una interpretación correcta, y experta, de las observaciones en terreno. Se presenta a continuación una revisión de los más importantes para minería a cielo abierto: RQD, RMR, MRMR, GSI y SMR (p.6).

Morales (2009) indica las principales metodologías que se pueden aplicar para caracterizar geomecánicamente los macizos rocosos.

Parra (2015) en su Tesis de Maestría titulada “Planificación minera a cielo abierto utilizando fundamentos geomecánicos” menciona lo siguiente:

Como resultado del análisis de antecedentes bibliográficos, se concluyó que el criterio más apropiado para la determinación de la resistencia de un macizo rocoso de un talud perteneciente a una mina a cielo abierto es el criterio de Hoek-Brown para un macizo rocoso perturbado ($D=1$) [...] También se obtuvo como resultado que usando el criterio de Hoek-Brown para un macizo rocoso perturbado, las cohesiones y ángulos de fricción obtenidos tenían valores cercanos a las cohesiones y ángulos de fricción movilizados en falla para diversos taludes (p.114).

Parra (2015) recomienda utilizar el criterio de Hoek-Brown para determinar la resistencia del macizo rocoso. Dicha recomendación se utilizó como referencia para la elaboración de la presente Tesis.

1.5.2 Antecedentes nacionales

Córdova (2008) en su Tesis de Maestría titulada “Geomecánica en el minado subterráneo Caso Mina Condestable” menciona lo siguiente:

Para zonificar geomecánicamente a la masa rocosa, o dicho de otro modo para determinar los dominios estructurales de la masa rocosa, los cuales son extensiones de masa rocosa con características homogéneas, es necesario tomar en consideración la información desarrollada precedentemente, concerniente con los aspectos litológicos, el arreglo estructural de la masa rocosa, las características estructurales de las discontinuidades y la calidad de la masa rocosa determinada mediante la clasificación de la misma, utilizando uno o varios criterios de clasificación geomecánica. La combinación de toda esta información conducirá a delimitar estos dominios (p.18).

Córdova (2008) presenta la metodología para realizar la zonificación geomecánica de la masa rocosa, que fue empleada como referencia para la zonificación geomecánica de los taludes rocosos de la cantera Yanamachay.

Pacheco (2018) en su Tesis de Maestría en Ciencias titulada “Investigaciones geotécnicas de Estabilidad de taludes en macizos rocosos de pizarras para el mejoramiento de seguridad energética del país y desarrollo del Gasoducto Sur peruano” en la conclusión 8 y 10, menciona lo siguiente:

Al correr el programa RocData aplicando el criterio de rotura de Hoek & Brown podemos hallar la resistencia del macizo rocoso, a su vez encontramos los valores de “mb”, “s” y “a” que serán luego utilizados en el programa Slide para realizar el análisis de estabilidad [...] En el análisis cinemático se busca los mecanismos de rotura del talud, y para ello se utilizó el programa Dips. Posteriormente se realizaron los análisis para roturas planares y roturas en cuña utilizando los programas RocPlane y Swedge porque los estereogramas indicaban la existencia de la posibilidad de roturas planares que fueron descartadas por el programa RocPlane, debido a que el factor de seguridad es mayor a 2 por lo tanto no existe la posibilidad de fallas planares. En conclusión, luego de los análisis, no existen roturas planas, roturas en cuña y roturas por vuelco flexural. (p.162).

Pacheco (2018) recomienda los criterios que se deben seguir para realizar el

Análisis cinemático de macizos rocosos, así como los softwares a utilizar para el procesamiento de la información. Dichas recomendaciones fueron tomadas como referencia para la elaboración de la presente Tesis.

Valiente Sobrecases, y Díaz (2015), en el artículo titulado “Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de diseño y Métodos de cálculo” presenta los principales conceptos que abarcan la estabilidad de taludes, clasificándolos en base a su morfología, y mencionando criterios para caracterizar geotécnicamente los materiales de forma adecuada y explicando las principales metodologías de cálculo.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

2.1 Marco teórico

En este apartado se plantea el marco teórico desarrollado para la presente Tesis.

2.1.1 *Caracterización geológica de la cantera*

La caracterización geológica de la cantera comprende realizar el marco geológico, identificando los aspectos geológicos principales, tales como litología, estructuras tectónicas (geología estructural), formaciones geológicas y edades, con la finalidad de representarlos gráficamente en un mapa geológico.

2.1.2 *Caracterización geomecánica de la cantera*

La caracterización geomecánica comienza con el mapeo geomecánico y los métodos de mapeo más confiables se realizan directamente sobre los afloramientos de la masa rocosa, estos métodos son los convencionales y comprenden el “método de líneas de detalle” y el “método de celdas de detalle”.

2.1.2.1 Mapeo Geomecánico de Líneas de detalle. El mapeo consiste en establecer una línea, empleando una cinta de medición sobre la que se identifican todas las estructuras o discontinuidades que intersectan o cortan dicha línea, se toma la orientación de la cara de medición, luego la orientación de la línea o cinta y se procede a registrar cada discontinuidad empezando por la distancia de intersección al origen, continuando con el registro de la orientación (buzamiento y dirección de buzamiento), tipo de terminación, tipo de discontinuidad, persistencia, apertura, relleno, rugosidad, resistencia a la compresión de las paredes de la discontinuidad, meteorización y presencia de agua (OSINERGMIN, 2017, p.14-15).

2.1.2.2 Mapeo geomecánico por celdas de detalle. Mediante el mapeo geomecánico por celdas se identifican y cuantifican características del macizo rocoso, las características de las principales familias de discontinuidades. Para cada familia se determina el tipo de discontinuidad, orientación (buzamiento y dirección de buzamiento), resistencia de la pared de la discontinuidad, espaciamiento, persistencia, abertura, relleno,

rugosidad presente y grado de alteración o meteorización (OSINERGMIN, 2017, p.14).

Los parámetros obtenidos deben ser registrados en formatos recomendados por la Sociedad Internacional de Mecánica de Rocas (ISRM) y con base a ello, clasificar el macizo rocoso mediante el sistema RMR (Rock Mass Rating) y GSI (Geological Strength Índice).

2.1.3 Clasificación del macizo rocoso

La clasificación de los macizos rocosos tiene por objetivo evaluar sus características geomecánicas para determinar de forma cuantitativa la calidad del macizo rocoso. Los índices geomecánicos más empleados en la caracterización geomecánica de taludes en roca son tres:

2.1.3.1 Índice GSI. Geological Strength Índice (GSI, Hoek, 1992). El índice de resistencia geológica (GSI) se obtiene a partir de un reconocimiento visual del macizo rocoso en afloramientos y sondajes. El GSI abarca principalmente dos aspectos del comportamiento de los macizos rocosos: el grado de fracturamiento y la resistencia al corte de las discontinuidades.

Esta clasificación fue expuesta por primera vez por Hoek et al. en 1992 y desarrollada posteriormente por Hoek (1994), Hoek et al. (1995) y Hoek y Brown (1997), pero su campo de aplicación se restringía a macizos rocosos relativamente resistentes y no incluía los más débiles. Posteriormente Hoek y Marinos (Hoek et al. 1998; Marinos y Hoek 2000, 2001 y 2005) ampliaron la clasificación GSI a los macizos rocosos laminados y cizallados (Figura 5).







Las relaciones entre el índice GSI y el RMR se detallan en la Ecuación 1:

$$RMR_{89} > 23, \quad GSI = RMR_{89} - 5 \quad (1)$$

$RMR_{89} < 23$, no se recomienda utilizarlo para la obtención del GSI

Se debe considerar condiciones de macizo rocoso seco, lo que supone una puntuación de 15 en el RMR_{89} , y no realizar ajustes por orientación de discontinuidades.

Figura 5
Índice GSI para macizos rocosos

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICO GSI (Hoek & Marinos, 2000). A partir de la litología, estructura y la condición de superficie de las discontinuidades, se estima el valor promedio de GSI. No intente ser muy preciso. Escoger un rango de 33 a 37 es más realista que fijar GSI=35. También notar que esta tabla no se aplica a mecanismos de falla controlado por estructuras. Donde se presenten planos estructuralmente débiles en una orientación desfavorable con respecto a la cara de la excavación, estos dominarán el comportamiento del macizo rocoso. La resistencia al corte de las superficies en rocas que son propensas a deteriorarse como resultado de cambios en la humedad, se reducirá cuando exista presencia de agua. Cuando se trabaje con rocas de categoría regular a muy mala, puede moverse hacia la derecha para condiciones húmedas. La presión de poros se maneja con un análisis de esfuerzos efectivos.		CONDICIONES SUPERFICIALES		CONDICIONES SUPERFICIALES		
ESTRUCTURA		MUY BUENA Muy rugoso. Superficies frescas sin meteorización	BUENO Rugoso, ligeramente meteorizada, superficies con óxido.	REGULAR Lizas, moderadamente meteorizadas y superficies alteradas.	MALA Espejo de falla, altamente meteorizadas con recubrimiento compacto o rellenos o fragmentos	MUY MALA Espejo de falla, superficies altamente meteorizadas con recubrimiento de arcilla suave o rellenos
		DISMINUYE CALIDAD DE SUPERFICIE →				
	Intacta o Masivo: Especímenes de roca intacta o masivo in roca in situ con pocas discontinuidades ampliamente espaciadas.	90			N/A	N/A
	Levemente fracturado: Macizo rocoso no disturbado, muy bien entrelazado, constituido por bloques cúbicos formados por tres familias de discontinuidades	80	70			
	Moderadamente Fracturado: Entrelazado, macizo rocoso parcialmente disturbado con bloques angulosos de varias caras formado por 4 o más familias de discontinuidades		60	50		
	Muy Fracturado/Disturbado/Agrietada: Foleada con bloques angulosos formados por la intersección de muchas familias de discontinuidades. Persistencia de planos de estratificación o esquistocidad			40	30	
	Desintegrado: Pobremente entrelazado, macizo altamente fracturado compuesto de una mezcla de pedazos de rocas angulosas y redondeadas				20	
	Foliado/Laminado/Cizallado: Falta de formación de bloques debido al pequeño espaciamiento o esquistocidad débil o planos de corte	N/A	N/A			10
		← DISMINUYE EL ENTRELAZADO DE PEDAZOS DE ROCA				

Nota: (Modificado de Hoek y Marinos, 2000)

2.1.3.2 Sistema RMR (Rock Mass Rating). (Bieniawski, 1989). La clasificación RMR (Rock Mass Rating) fue desarrollada por Bieniawski en 1973 y actualizada en 1979 y 1989. Esta clasificación permite evaluar y clasificar los macizos rocosos de acuerdo con su calidad y así correlacionarla con parámetros de diseño de estabilidad. El índice de calidad RMR se calcula tomando en cuenta la valoración de parámetros geomecánicos:

2.1.3.2.1 Resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa (UCS). El ensayo de compresión simple tiene como objetivo determinar la resistencia máxima a la compresión de una muestra cilíndrica de testigo, la cual es sometida a una carga axial sin

ninguna carga de confinamiento, que debe ser aplicada de manera continua e incrementada gradualmente hasta que la muestra falle. El esfuerzo normal vertical sobre el espécimen, cuando la falla ocurre, es conocido como la resistencia a la compresión simple o resistencia a la compresión no confinada (OSINERGMIN, 2017). Se estiman de manera indirecta, con base a los ensayos de carga puntual y martillo de Schmidt, descritos a continuación.

- **Ensayo de carga puntual**

El ensayo de carga puntual estima la resistencia a la compresión simple, mediante la obtención del índice I_s (50) en muestras de roca regulares o irregulares (OSINERGMIN, 2017). El procedimiento para determinar la resistencia a la compresión simple es:

- a. Se halla el valor de I_s con la Ecuación (2):

$$I_s = \frac{P}{D_e^2} \quad (2)$$

P es la carga que rompe el espécimen

D_e es el diámetro equivalente de la muestra

- b. Se realiza una corrección para obtener un valor único de resistencia, que se denominado I_s (50) y representa un valor medido a partir de un ensayo de carga puntual diametral en una muestra con un diámetro de 50 mm, que se obtiene con la Ecuación 3:

$$I_{S(50)} = \left(\frac{D_e}{50}\right)^{0.45} \times \left(\frac{P}{D_e^2}\right) \quad (3)$$

- c. Es necesario contar con el factor de conversión K , que puede variar de 10 a 50. Una vez determinado el factor K .
- d. El valor de la Resistencia a la compresión simple UCS (σ_c) se calcula con la

Ecuación 4:

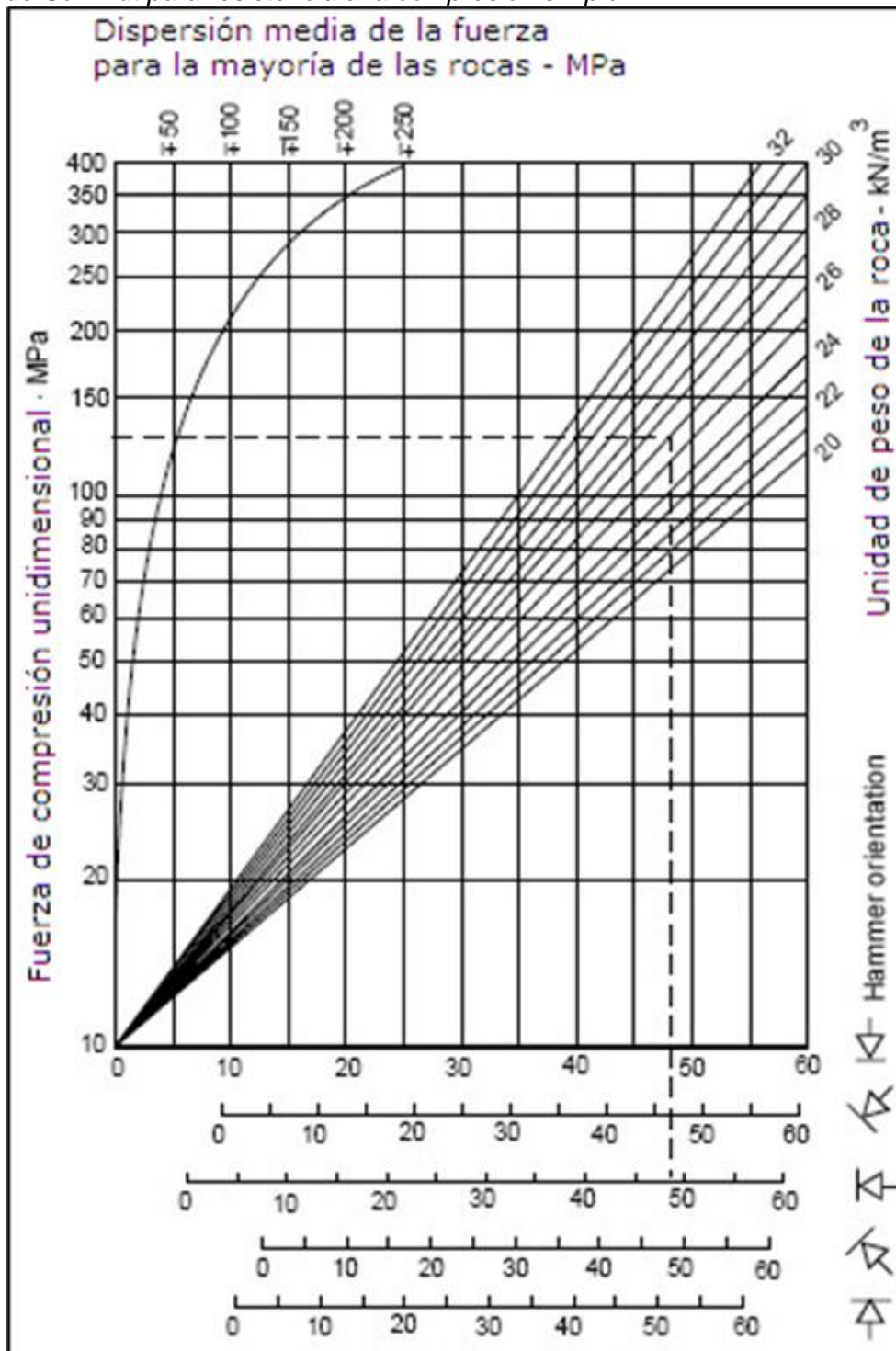
$$\sigma_c = K I_{S(50)} \quad (4)$$

- **Esclerómetro o martillo de Schmidt**

El esclerómetro consiste en un pequeño aparato metálico de geometría cilíndrica que dispone de un muelle en su interior y de una punta retráctil, que al ser presionada contra la roca hace que el muelle se dispare. Para la ejecución del ensayo, primero se debe limpiar la zona a ensayar, que debe estar libre de fisuras o grietas, eliminando la pátina de roca meteorizada. A continuación, se aplica el martillo, presionando hasta que salte el muelle. El aparato debe colocarse perpendicular al plano de ensayo. En función de la dureza o resistencia de la roca, el muelle sufre mayor o menor rebote, valor que queda reflejado en una escala situada al costado del aparato. Deben realizarse en cada punto de medida 10 percusiones con el martillo, eliminando los 5 valores más bajos y tomando el valor promedio de los restantes (González de Vallejo et al., 2002).

Los valores de rebote obtenidos se correlacionan mediante un ábaco con la resistencia a la compresión simple, en función de la densidad de la roca, la inclinación del martillo y del plano ensayado (Ver Figura 6).

Figura 6
Ábaco de Schmidt para resistencia a la compresión simple



Nota: (González de Vallejo et al., 2002)

Finalmente, una vez obtenida la resistencia a la compresión simple del macizo rocoso, se calificada de acuerdo con la Tabla 1.

Tabla 1*Resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa*

Clase	Descripción	Resistencia a la compresión simple (MPa)	Valoración
R6	Roca extremadamente dura	> 250	15
R5	Roca muy dura	100 – 250	12
R4	Roca dura	50 – 100	7
R3	Roca moderadamente dura	25 – 50	4
R2	Roca blanda	5 – 25	2
R1	Roca muy blanda	1 – 5	1
R0	Roca extremadamente blanda	0.25 - 1	0

Nota: Modificado de ISRM (1981)

2.1.3.2.2 Índice de calidad de roca (RQD). Indica el grado de fracturamiento del macizo rocoso. El RQD asigna un porcentaje de calificación al macizo rocoso, que varía desde el 0% a 100%. Para afloramientos rocosos, Palmström (2005) utilizó la correlación empírica siguiente (Ecuación 5):

$$RQD = 110 - 2.5 \times J_V \quad (5)$$

Dónde

J_V = Número de fracturas/m³ de roca

RQD = 100% cuando $J_V \leq 4$

RQD = 0% cuando $J_V > 44$

El valor de RQD obtenido se califica de acuerdo con la Tabla 2.

Tabla 2*Calidad de la roca de acuerdo con el RQD*

RQD (%)	Calidad	Valoración
90 – 100	Muy Buena	20
75 – 90	Buena	17
50 – 75	Regular	13
25 – 50	Mala	6
0 – 25	Muy mala	3

Nota: Modificado de Deere et al., (1967)

2.1.3.2.3 Espaciamiento de las discontinuidades. Es el promedio entre los planos de debilidad en el macizo rocoso en la dirección perpendicular al plano de la discontinuidad (Bieniawski, 1989), cuya valoración se encuentra indicada en la Tabla 3.

Tabla 3*Espaciamiento de las discontinuidades*

Descripción	Espaciamiento (m.)	Valoración
Muy separadas	> 2	20
Separadas	0.6 – 2	15
Moderadamente juntas	0.2 – 0.6	10
Juntas	0.06 – 0.2	8
Muy juntas	< 0.06	5

Nota: Modificado de Bieniawski (1989)

2.1.3.2.4 Condiciones de las discontinuidades. Para la valoración de las discontinuidades se toma en consideración las siguientes características identificadas en campo:

- Abertura

Es la distancia perpendicular que existe entre las paredes de una discontinuidad cuando no presenta relleno (González de Vallejo et al., 2002). La valoración de Abertura se indica en la Tabla 4.

Tabla 4*Abertura de las discontinuidades*

Descripción	Abertura (mm)	Valoración
Ninguno	0	6
Muy cerrada	< 0.1	5
Cerrada	0.1 – 1	4
Moderadamente abierta	1 – 5	1
Abierta	> 5	0

Nota: Modificado de Bieniawski (1989)

- Persistencia o Continuidad

Es la extensión del plano de discontinuidad. (González de Vallejo et al., 2002). La valoración de este parámetro se indica en la Tabla 5.

Tabla 5*Persistencia de las discontinuidades*

Descripción	Persistencia (m)	Valoración
Muy baja	< 1	6
Baja	1 – 3	4
Media	3 – 10	2
Alta	10 – 20	1
Muy Alta	> 20	0

Nota: Modificado de Bieniawski (1989)

- Rugosidad

Son las asperezas u ondulaciones que se presentan en la superficie de las paredes de la discontinuidad (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1987). La valoración de este parámetro se indica en la Tabla 6.

Tabla 6*Rugosidad de las discontinuidades*

Descripción	Valoración
Muy Rugosa	6
Rugosa	5
Ligeramente Rugosa	3
Lisa	1
Plano (Espejo de Falla)	0

Nota: Modificado de Bieniawski (1989)

- Meteorización

El grado de meteorización de la roca influye de manera directa en sus propiedades mecánicas. Conforme avance el proceso de meteorización, aumentan la porosidad, permeabilidad y deformabilidad del material rocoso, y a su vez disminuye su resistencia (González de Vallejo et al., 2002). La valoración se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7*Grado de meteorización de las discontinuidades*

Descripción	Valoración
No meteorizada	6
Ligeramente meteorizada	5
Moderadamente meteorizada	3
Altamente meteorizada	1
Descompuesta	0

Nota: Modificado de Bieniawski (1989)

- Relleno

La presencia de relleno gobierna el comportamiento de la discontinuidad, por lo que deben ser reconocidos y descritos todos los aspectos referentes a sus propiedades y estado (González de Vallejo et al., 2002). La valoración de este parámetro se indica en la Tabla 8.

Tabla 8*Tipo de relleno de las discontinuidades*

Descripción	Valoración
Ninguno	6
Duro < 5 mm	4
Duro > 5 mm	2
Blando < 5 mm	2
Blando > 5 mm	0

Nota: Modificado de Bieniawski (1989)

3.1.3.2.5 Condiciones de agua subterránea. Considera la influencia que ejerce el flujo de agua subterránea en el macizo rocoso. Según González de Vallejo et al., (2002), los efectos más importantes son:

- Influyen en la resistencia de las rocas blandas y meteorizadas

- Disminuye la resistencia de la matriz rocosa en rocas porosas
- Rellena las discontinuidades e influye en su resistencia
- El flujo del agua discurre preferentemente por zonas alteradas y meteorizadas, discontinuidades importantes y fallas

La valoración de este parámetro se indica en la Tabla 9.

Tabla 9

Condiciones de agua subterránea

Condición	Valoración
Seco	15
Ligeramente húmedo	10
Húmedo	7
Goteando	4
Agua fluyendo	0

Nota: Modificado de Bieniawski (1989)

2.1.3.2.6 Orientación de las discontinuidades. Se encuentra definida de acuerdo con el rumbo y buzamiento de la obra civil que se va a ejecutar (en este caso, para taludes). La clasificación de la orientación de las discontinuidades con relación al eje del talud se presenta en la Tabla 10 y la corrección por la orientación de las discontinuidades para taludes en la Tabla 11.

Tabla 10

Orientación de las discontinuidades con relación al eje del talud

Dirección perpendicular al eje del talud				Dirección paralela al eje del talud		Buzamiento 0° - 20° Cualquier dirección
Excavación con buzamiento		Excavación contra buzamiento				
Buz. 45° - 90°	Buz. 20° - 45°	Buz. 45° - 90°	Buz. 20° - 45°	Buz. 45° - 90°	Buz. 20° - 45°	
Muy Favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy desfavorable	Medio	Desfavorable

Nota: Modificado de Bieniawski (1989)

Tabla 11

Corrección del RMR por la orientación de las discontinuidades para taludes

Calificación	Valoración
Muy favorable	0
Favorable	-5
Medio	-25
Desfavorable	-50
Muy desfavorable	-60

Nota: Modificado de Bieniawski (1989)

Para la obtención del RMR de Bieniawski, se suman las valoraciones de los cinco parámetros geomecánicos descritos (Resistencia a la compresión de la matriz rocosa, RQD, espaciamiento, condiciones de las discontinuidades, condiciones de agua

subterránea) y se tiene como resultado el RMR básico. Adicionalmente, al sumarle el sexto valor obtenido por el parámetro de orientación de las discontinuidades, se obtiene el RMR ajustado. Finalmente, la calificación del RMR se presenta en la Tabla 12.

Tabla 12

Calidad del Macizo rocoso considerando la Clasificación RMR

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

Nota: Modificado de Bieniawski (1989)

2.1.3.3 Sistema SMR (Slope Mass Rating). Romana (1985) propuso un sistema de clasificación geomecánica de taludes rocosos denominado Slope Mass Rating (SMR). Se obtiene del índice RMR básico, restando un “factor de ajuste” que es función de la orientación de las discontinuidades y sumando un “factor de excavación” que depende del método utilizado (Ver Ecuación 6).

$$SMR = RMR_{básico} + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4 \quad (6)$$

Factor F_1

F_1 depende del paralelismo entre el rumbo de las discontinuidades y la cara del talud. Se le asigna un valor de 1,00 cuando los dos rumbos son paralelos y 0,15 cuando estos difieren en más de 30°. Este factor se estima mediante la Ecuación 7:

$$F_1 = [1 - \text{sen}(\alpha_j - \alpha_s)]^2 \quad (7)$$

Donde:

α_j es la dirección de buzamiento de las discontinuidades

α_s es la dirección de buzamiento del talud

Factor F_2

F_2 depende de la relación entre el buzamiento de la discontinuidad y el del talud. Se le asigna un valor de 1,00 cuando la discontinuidad tiene buzamiento superior a 45° y 0,15 cuando su buzamiento es inferior a 20°. Este factor se estima mediante la Ecuación 8.

$$F_2 = \tan^2 \beta_j \quad (8)$$

Donde:

β_j es el buzamiento de la discontinuidad

Si el mecanismo de rotura por vuelco es el más probable, se adopta el valor de 1,00 para el factor F_2 .

Factor F_3

F_3 evalúa la relación entre los buzamientos de la discontinuidad y el del talud.

Para la obtención de los factores de ajuste, se utilizan los valores propuestos por Romana (1985) indicados en la Tabla 13.

Tabla 13
Factores de ajuste de las discontinuidades

Caso		Muy favorable	Favorable	Normal	Desfavorable	Muy desfavorable
Planar	$ \alpha_j - \alpha_s $					
Vuelco	$ \alpha_j - \alpha_s - 180^\circ $	$> 30^\circ$	$30^\circ - 20^\circ$	$20^\circ - 10^\circ$	$10^\circ - 5^\circ$	$< 5^\circ$
P / V	F1	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
Planar	$ \beta_i $	$< 20^\circ$	$20^\circ - 30^\circ$	$30^\circ - 35^\circ$	$35^\circ - 45^\circ$	$> 45^\circ$
	F2	0,15	0,40	0,70	0,85	1,00
Vuelco	F2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Planar	$\beta_j - \beta_s$	$> 10^\circ$	$10^\circ - 0^\circ$	0°	$0^\circ - (-10^\circ)$	$< -10^\circ$
Vuelco	$\beta_j + \beta_s$	$< 110^\circ$	$110^\circ - 120^\circ$	$> 120^\circ$	-	-
P / V	F3	0	-5	-25	-50	-60

Nota: Modificado de Romana (1985)

Donde:

α_s y α_j : Dirección de buzamiento del talud y de la discontinuidad respectivamente.

β_s y β_j : Buzamiento del talud y de la discontinuidad respectivamente.

Factor F_4

F_4 depende del método de excavación, y se establecieron empíricamente los valores indicados en la Tabla 14.

Tabla 14
Factores de ajuste según el método de excavación

Método	Talud natural	Precorte	Voladura suave	Voladura o mecánico	Voladura deficiente
F4	+15	+10	+8	0	-8

Nota: Modificado de Romana (1985)

Una vez obtenido el valor del SMR, las clases de estabilidad según su clasificación se indican en la Tabla 15.

Tabla 15
Descripción de las Clases SMR

Clase	V	IV	III	II	I
SMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
Descripción	Muy mala	Mala	Normal	Buena	Muy buena
Estabilidad	Totalmente inestable	Inestable	Parcialmente estable	Estable	Totalmente estable
Roturas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa	Juntas o grandes cuñas	Algunas juntas o muchas cuñas	Algunos bloques	Ninguna
Tratamiento	Re-excavación	Corrección	Sistemático	Ocasional	Ninguno

Nota: Modificado de Romana (1985)

2.1.4 Criterios de rotura del macizo rocoso

2.1.4.1 Criterio de Rotura de Mohr-Coulomb. De acuerdo con González de Vallejo et al. (2002), este criterio expresa la resistencia al corte que presenta una roca a lo largo de un plano en un estado triaxial de tensiones, y se obtiene la relación entre los esfuerzos normal y tangencial actuantes en el momento de la rotura, mediante la siguiente expresión matemática mostrada en la Ecuación 9:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \quad (9)$$

Donde:

τ y σ_n son las tensiones tangencial y normal sobre el plano de rotura.

c y ϕ son la cohesión y ángulo de rozamiento de la matriz rocosa.

También puede expresarse en función de los esfuerzos principales σ_1 y σ_3 , como se observa en la Ecuación 10:

$$\sigma_1 = \frac{2c + \sigma_3 [\sen 2\theta + \tan \phi (1 - \cos 2\theta)]}{\sen 2\theta - \tan \phi (1 + \cos 2\theta)} \quad (10)$$

Y se obtiene la resistencia en cualquier plano definido por θ . Para el plano crítico de rotura, $\theta = 45^\circ + \phi/2$, la ecuación anterior quedaría de la manera que se muestra en la Ecuación 11:

$$\sigma_1 = \frac{2c \cos \phi + \sigma_3 (1 + \operatorname{sen} \phi)}{(1 - \operatorname{sen} \phi)} \quad (11)$$

Si se da la condición $\sigma_3=0$, σ_1 será la resistencia a compresión simple de la roca que se observa en la Ecuación 12:

$$\sigma_1 = \sigma_c = \frac{2c \cos \phi}{1 - \operatorname{sen} \phi} \quad (12)$$

Así mismo, se puede obtener el valor de la resistencia a tracción mediante la Ecuación 13:

$$\sigma_1 = \frac{2c \cos \phi}{1 + \operatorname{sen} \phi} \quad (13)$$

El criterio de Mohr – Coulomb considera que se forma una fractura por corte al alcanzar la resistencia de pico del material. La gran ventaja de este criterio es su sencillez, sin embargo, presenta las siguientes limitaciones:

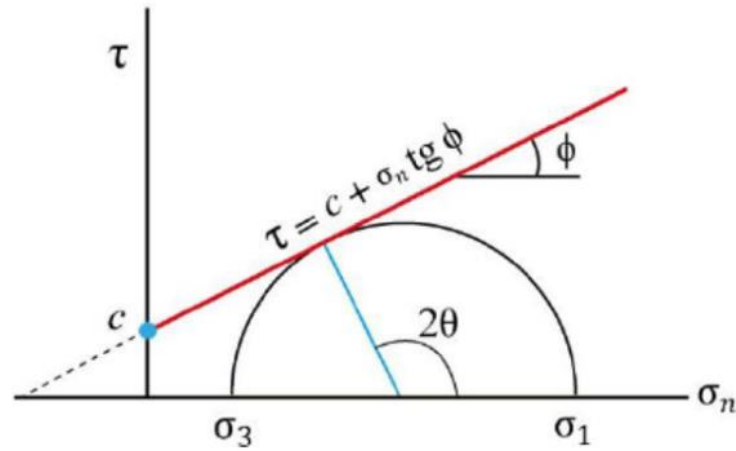
- Las envolventes de la resistencia en roca (Figura 7) no son lineales, se ha comprobado experimentalmente que la resistencia de las rocas aumenta menos con el incremento de la presión normal de confinamiento que lo obtenido al considerar una ley lineal, lo que puede implicar errores al considerar los esfuerzos actuantes, sobre todo en zonas de bajos esfuerzos confinantes.
- La dirección del plano de fractura según este criterio no siempre coincide con los resultados experimentales.
- El criterio sobrevalora la resistencia a la tracción.

No obstante, si se utiliza este criterio lineal para evaluar la resistencia de la matriz rocosa, se pueden adoptar las siguientes recomendaciones:

- Suponer que el valor de la cohesión es un valor próximo al 10% de la resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa.
- Adoptar un valor del ángulo de rozamiento interno según el nivel de tensiones con el que trabaja, tomado de tablas.

Figura 7

Envolvente Mohr-Coulomb en función de esfuerzos tangenciales y normales



Nota: (González de Vallejo et al., 2002)

2.1.4.2 Criterio de Hoek y Brown generalizado El criterio de rotura de Hoek y Brown generalizado (Hoek et al., 2002) para macizos rocosos, se expresa mediante la Ecuación 14:

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma'_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a \quad (14)$$

Donde:

σ'_1 y σ'_3 son los esfuerzos principales mayor y menor en rotura

σ_{ci} es la resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa

m_b es un valor reducido de la constante del material m_i (Figura 8) y está dado por la Ecuación 15:

$$m_b = m_i \exp\left(\frac{GSI - 100}{28 - 14D}\right) \quad (15)$$

D es un factor que depende del grado de alteración al que ha sido sometido el macizo rocoso por los efectos de las voladuras o relajación de esfuerzos, y varía entre 0 y 1 (Figura 9).

s y a son constantes adimensionales del macizo rocoso, obtenidas mediante la Ecuación 16 y Ecuación 17:

$$s = \exp\left(\frac{GSI - 100}{9 - 3D}\right) \quad (16)$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} (e^{-GS/15} - e^{-20/3}) \quad (17)$$


Figura 8

Valores de *mi* para distintos tipos de rocas

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

Nota: (Hoek et al., 2002)

Figura 9
 Estimación del factor de alteración *D*

Apariencia del macizo rocoso	Descripción del macizo rocoso	Valor sugerido de <i>D</i>
	Excelente calidad por voladura controlada o excavación con tuneladora, TBM, resultando en la perturbación mínima del macizo alrededor del túnel	<i>D</i> = 0
	Excavación mecánica o manual en macizo de mala calidad (sin voladura) resultando en la mínima perturbación en el macizo rocoso circundante. Cuando se presentan problemas de fluencia con significantes movimientos en el piso, la perturbación puede ser severa a menos que una solera temporal o contrabóveda sea instalada, como muestra la fotografía.	<i>D</i> = 0 <i>D</i> = 5 sin solera
	Voladura de muy mala calidad en un túnel en roca competente con daños locales severos, extendiéndose 2-3 m en el macizo circundante.	<i>D</i> = 0.8
	Pequeñas coladuras en taludes de ingeniería civil dan lugar a pequeños daños en el macizo rocoso, particularmente si se usan voladuras de contorno como se muestra en el lado izquierdo de la fotografía.	<i>D</i> = 0.7 Buena voladura <i>D</i> = 1 Pobre voladura
	Los taludes en las grandes minas a cielo abierto sufren alteraciones significativas debido a las grandes voladuras de producción y también debido a la relajación de tensiones al retirar el estéril de recubrimiento. En algunas rocas blandas, la excavación puede llevarse a cabo mediante el ripado y empuje con tractores de orugas y el grado de afección a los taludes será menor.	<i>D</i> = 1 Voladura de producción <i>D</i> = 0.7 Excavación mecánica

Nota: (Modificado de Hoek, 2006)

2.1.5 Resistencia al corte de los planos de discontinuidad

Para estimar la resistencia al corte de las discontinuidades rugosas se emplea el criterio empírico de Barton y Choubey (1977). El cual se expresa de la siguiente manera (Ecuación 18):

$$\tau = \sigma'_n \tan \left[JRC \times \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) + \phi_r \right] \quad (18)$$

Donde:

- τ y σ'_n son los esfuerzos tangencial y normal efectivos sobre el plano de discontinuidad
- ϕ_r es el ángulo de fricción residual
- JRC (Joint Roughness Coefficient) es el coeficiente de rugosidad de la discontinuidad
- JCS (Joint Wall Compression Strenght) es la resistencia a la compresión simple de las paredes de la discontinuidad

Estimación del ángulo de fricción residual

Para estimar el ángulo de fricción residual de una discontinuidad se utilizan los siguientes criterios:

- Si las paredes de la discontinuidad no están meteorizadas, el ángulo de fricción residual es igual al ángulo de fricción básico.
- Si las paredes de la discontinuidad están meteorizadas, el ángulo de fricción residual se calcula utilizando la fórmula dada por Barton y Choubey (1977), basada en la resistencia del martillo de Schmidt (Ecuación 19):

$$\phi_r = (\phi_b - 20) + 20 \times (r / R) \quad (19)$$

Donde:

r : rebote del martillo en la superficie meteorizada.

R: rebote del martillo en la superficie sana.

Los valores típicos de ángulos de fricción básica (ϕ_b), es decir, en discontinuidades planas sin meteorizar, son del orden de 25° a 37° para rocas sedimentarias, de 29° a 38° en rocas ígneas y de 21° a 30° en rocas metamórficas (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1987).

Estimación del Parámetro JCS

Se utilizan los siguientes criterios:

- Si las paredes de la discontinuidad no están meteorizadas, JCS es igual al valor de

la resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa UCS.

- Si las paredes de la discontinuidad están meteorizadas, $JCS < UCS$, el JCS se calcula utilizando la expresión de Miller (1965), basada en la resistencia del martillo de Schmidt (Ecuación 20):

$$\log JCS = 0.00088 \gamma_{roca} r + 1.01 \quad (20)$$

Donde:

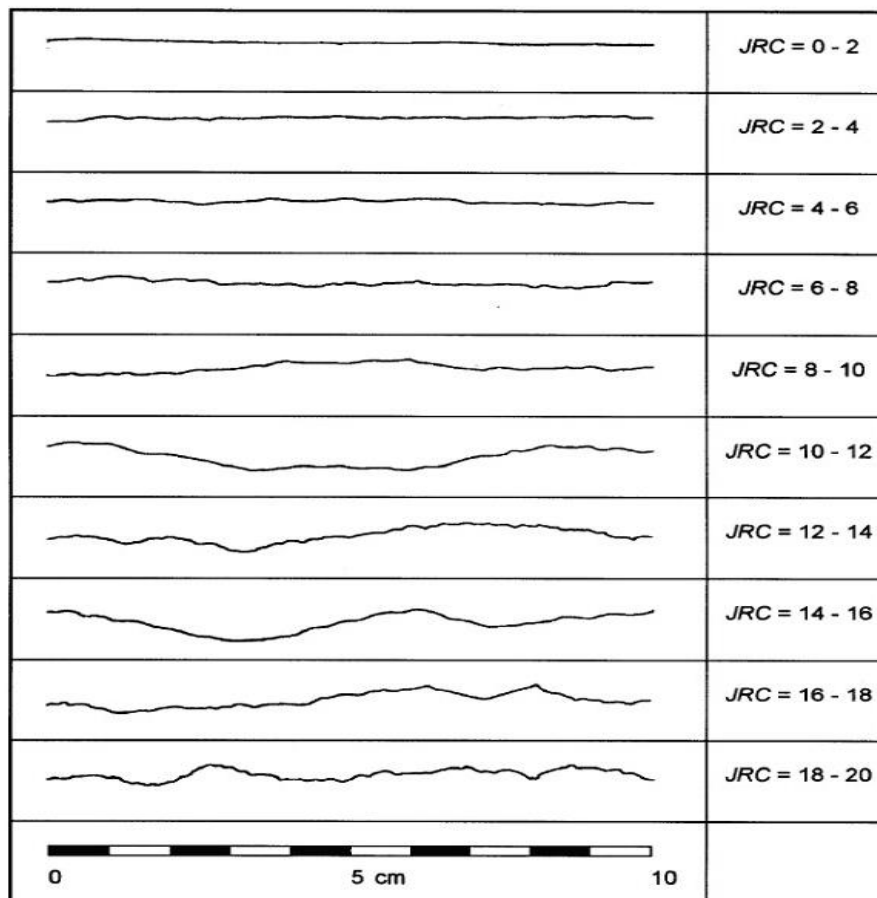
r : rebote del martillo en la superficie meteorizada.

γ_{roca} peso específico de la roca obtenido mediante tablas o ensayos.

Estimación del Parámetro JRC

Depende de la rugosidad de las paredes de la discontinuidad y se obtiene de acuerdo con el perfil de rugosidad estándar mostrado en la Figura 10.

Figura 10
Perfiles y coeficientes de rugosidad

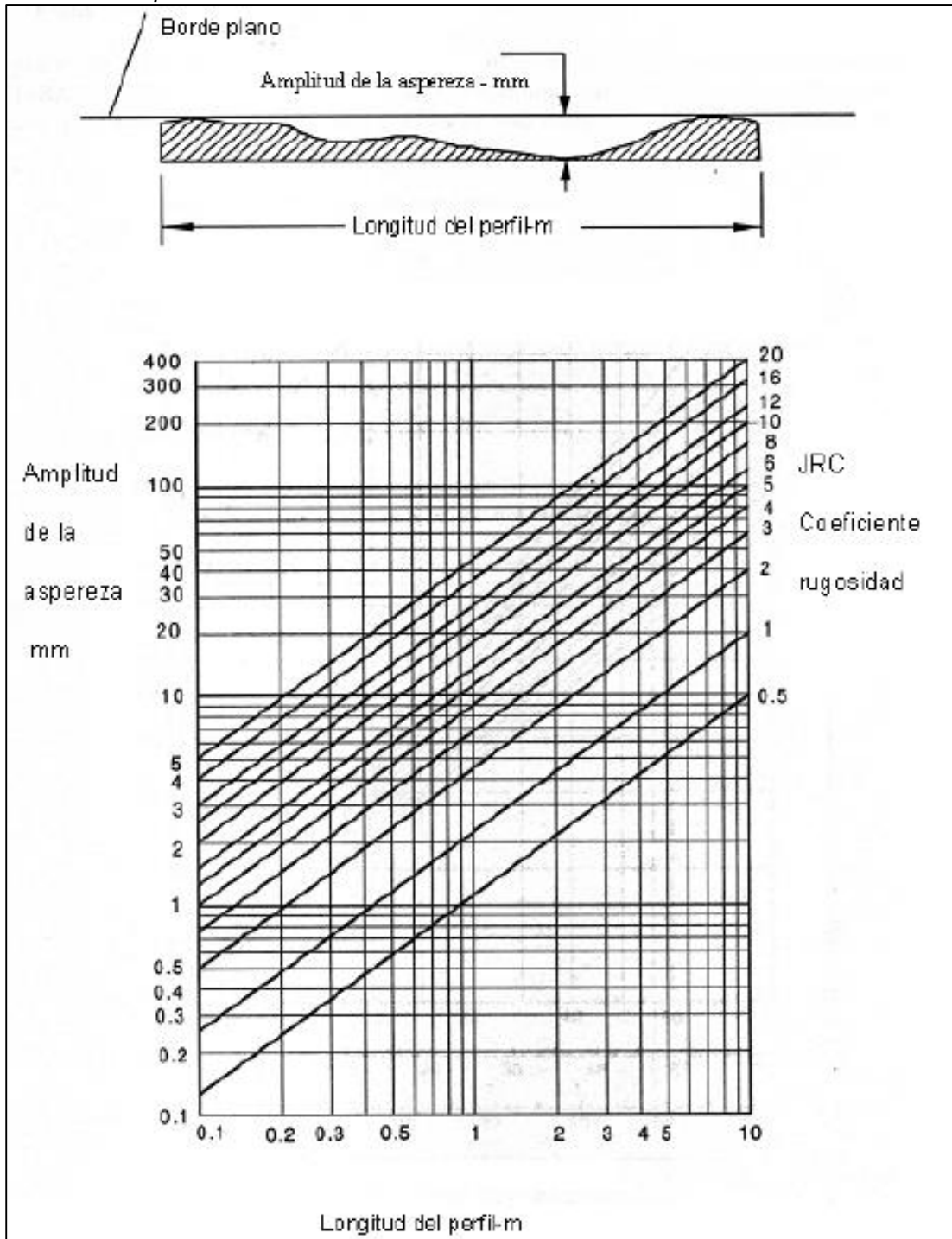


Nota: (Barton, 1977)

El JRC se puede estimar mediante el Peine de Barton, correlacionándolo con el

ábaco de la Figura 11.

Figura 11
Método alternativo para estimar el JRC



Nota: (Barton, 1982)

2.1.6 Análisis de estabilidad de taludes rocosos

Los análisis de estabilidad son aplicados al diseño de taludes o cuando presentan problemas de inestabilidad. Se debe elegir el coeficiente de seguridad adecuado,

dependiendo de la finalidad de la excavación y del carácter temporal o definitivo del talud, combinando los aspectos de seguridad, costos de ejecución, consecuencias o riesgos que podría causar la rotura, etc. (González de Vallejo et al., 2002). Las metodologías empleadas, comprenden la evaluación cinemática y estabilidad global de los taludes rocosos, las cuales se describen a continuación.

2.1.6.1 Análisis Cinemático del Macizo rocoso. El análisis cinemático consiste en analizar el control estructural del talud rocoso, para determinar si la orientación de las discontinuidades que presente podría generar inestabilidad, a lo cual conocemos como orientación desfavorable de éste con respecto a las discontinuidades. Esta determinación es realizada por medio del análisis estereográfico de la fábrica estructural (Piteau y Peckover, 1978).

La orientación de las diversas familias de discontinuidades conjuntamente con la orientación del talud en cada dominio estructural, generan las potenciales fallas que se podrían presentar en el talud (Hoek, 2006).

- Falla Planar

Se entiende por falla plana o rotura planar (Ver Figura 12), como aquella en el que el deslizamiento se origina a través de una única superficie plana. Se producen fundamentalmente debido a que el buzamiento de los planos es menor que el del talud (diferencias de hasta 20°), con lo que el rozamiento movilizado no es suficiente para asegurar la estabilidad (Instituto Tecnológico Geominero de España, 1987).

- Falla en Cuña

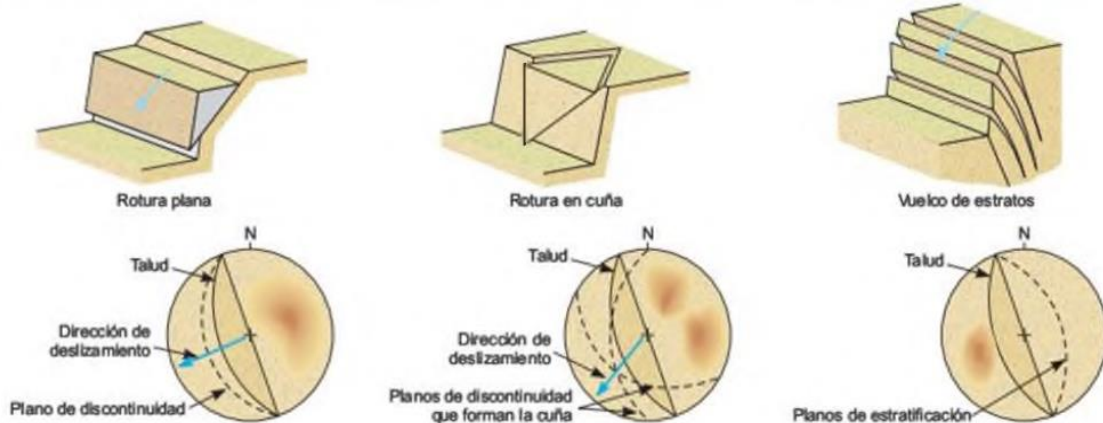
La falla en cuña (Ver Figura 12) es un tipo de deslizamiento traslacional que está controlado por dos o más discontinuidades (estratificación, esquistosidad, diaclasa, falla, etc.). Este tipo de deslizamientos generalmente se dan en macizos rocosos resistentes, con discontinuidades bien marcadas. Este tipo de fallas es sin duda una de las más comunes en taludes excavados en roca, fácilmente observados en canteras (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004).

- Falla en Vuelco

Las fallas por vuelco de taludes (Ver Figura 12) aparecen principalmente cuando el rumbo del plano de discontinuidad: falla, estratificación, etc., coincide aproximadamente con el del plano del talud y además tiene un fuerte buzamiento hacia el interior del macizo rocoso (Ramírez Oyanguren & Alejano Monge, 2004).

Figura 12

Representación estereográfica de los planos de discontinuidad

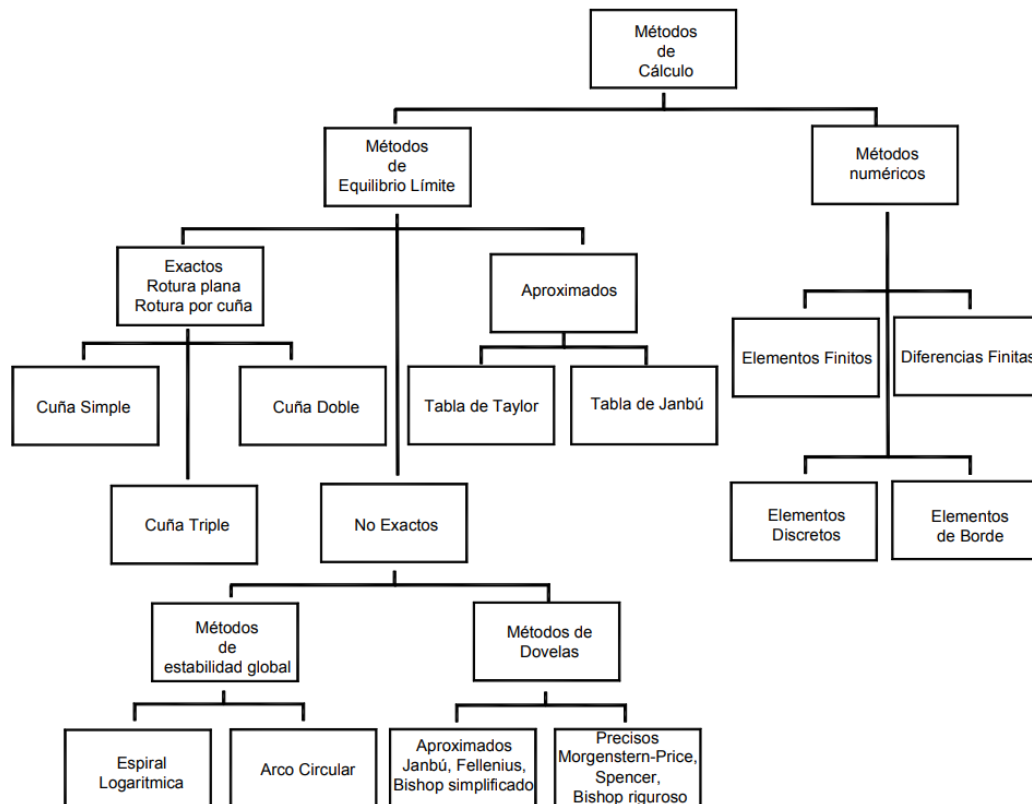


Nota: (González de Vallejo et al., 2002)

2.1.6.2 Análisis de Estabilidad Global. El Análisis de la estabilidad de un talud considera la determinación de un factor de seguridad (FS) al deslizamiento. Es necesario conocer los parámetros tanto geométricos del talud, como geotécnicos del material que compone el talud. Una vez determinada la cinemática de falla del talud, el siguiente paso es realizar un análisis de estabilidad utilizando el método del equilibrio límite para comparar las fuerzas resistentes, con las fuerzas que actúan a favor del movimiento. Conocido el rango o diferencia entre estos dos grupos de fuerzas se podrá establecer el factor de seguridad para la estabilidad del talud.

Según Suárez (1998), el método de equilibrio límite se basa exclusivamente en las leyes de la estática para determinar el estado de equilibrio de una masa de terreno potencialmente inestable. Se pueden clasificar a su vez en dos grupos (Figura 13).

Figura 13
Métodos de Equilibrio Límite



Nota: (Suarez, 1998)

- Métodos exactos; proporcionan una solución exacta del problema con la única salvedad de las simplificaciones propias de todos los métodos de equilibrio límite (ausencia de deformaciones, factor de seguridad constante en toda la superficie de rotura, etc.). Esto sólo es posible en taludes de geometría sencilla.
- Métodos no exactos; se pueden considerar así los métodos que consideran el equilibrio global de la masa deslizante, hoy en desuso, y los métodos de las dovelas o rebanadas, que consideran a la masa deslizante dividida en una serie de fajas verticales.

Los métodos de dovelas pueden clasificarse en dos grupos:

- Métodos aproximados: no cumplen todas las ecuaciones de la estática. Se pueden citar por ejemplo los métodos de Fellenius, Janbu y Bishop simplificado.
- Métodos precisos o completos: cumplen todas las ecuaciones de la estática. Los más conocidos son los de Morgenstern-Price, Spencer y Bishop riguroso.

El método utilizado en la presente investigación es el siguiente:

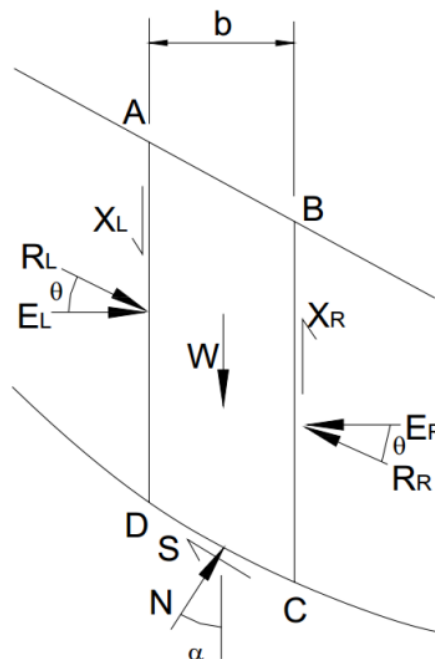
Método de Spencer:

El método de Spencer es un método que satisface totalmente el equilibrio tanto de momentos como de fuerzas. El procedimiento de Spencer (1967) se basa en la suposición de que las fuerzas resultantes entre dovelas son paralelas las unas con las otras, o sea, que tienen el mismo ángulo de inclinación (Figura 14).

La inclinación específica de estas fuerzas entre dovelas es desconocida y se calcula como una de las incógnitas en la solución de las ecuaciones de equilibrio. Spencer inicialmente propuso su método para superficies circulares pero este procedimiento se puede extender fácilmente a superficies no circulares.

Figura 14

Análisis de Fuerzas por dovelas en el Método de Spencer



Nota: (Suarez, 1998)

Spencer plantea dos ecuaciones una de equilibrio de fuerzas y otra de equilibrio de momentos, las cuales se resuelven para calcular los factores de seguridad F y los ángulos de inclinación de las fuerzas resultantes entre dovelas θ .

Para resolver las ecuaciones F y θ , se utiliza un sistema de prueba y error, donde se asumen los valores de estos factores (en forma repetitiva) hasta que se alcanza un nivel aceptable de error. Una vez se obtienen los valores de F y θ se calculan las demás fuerzas

sobre las dovelas individuales. El método de Spencer se considera muy preciso y aplicable para casi todo tipo de geometría de talud y es tal vez, el procedimiento de equilibrio más completo y sencillo para el cálculo del factor de seguridad (Duncan y Wright, 2005).

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Discontinuidad

Es cualquier plano de origen mecánico o sedimentario que independiza o separa los bloques de matriz rocosa en un macizo rocoso (González de Vallejo et al., 2002, p.123).

2.2.2 Factor de seguridad

El Factor de Seguridad es una medida determinista de la relación entre las fuerzas de resistencia (capacidad) y las fuerzas impulsoras (demanda) del sistema en su entorno considerado. El Factor de seguridad es el criterio más básico de diseño aceptado en la ingeniería. En Geomecánica saltó a la fama a mediados del siglo 20, cuando la ingeniería geotécnica se desarrolló como una disciplina de ingeniería independiente en 1940 (Read y Stacey, 2009).

2.2.3 Macizo rocoso

Es el conjunto de los bloques de matriz rocosa y de las discontinuidades de diverso tipo que afectan al medio rocoso. Mecánicamente los macizos rocosos son medios discontinuos, anisótropos y heterogéneos (González de Vallejo et al., 2002, p.123).

2.2.4 Matriz rocosa

Es el material rocoso exento de discontinuidades, o los bloques de “roca intacta” que quedan entre ellas. A pesar de considerarse continua, presenta un comportamiento heterogéneo y anisótropo ligado a su fábrica y a su microestructura mineral (González de Vallejo et al., 2002, p.123).

2.2.5 Talud

Un talud o ladera es una masa de tierra que no es plana, sino que presenta una pendiente o cambios significativos de altura. En la literatura técnica se define como ladera cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y talud cuando se conformó artificialmente (Suarez, 1998, p.1).

2.3 Metodología de la investigación

2.3.1 Tipo de investigación

La presente Tesis abarca las características metodológicas de una investigación aplicada, puesto que se utilizaron conocimientos diversos sobre las Ciencias Geológicas, Geotecnia y Geomecánica, a fin de aplicarlas en la gestión del diseño y análisis de la estabilidad de taludes de la Cantera Yanamachay, tal como Chávez (2007) señala:

El tipo de investigación aplicada tiene como fin principal resolver un problema en un periodo de tiempo corto. Dirigida a la aplicación inmediata mediante acciones concretas para enfrentar el problema. Por tanto, se dirige a la acción inminente y no al desarrollo de la teoría y sus resultados, mediante actividades precisas para enfrentar el problema (p.134).

2.3.2 Diseño de la investigación

La presente Tesis presenta un diseño de investigación No Experimental y Transversal, ya que los datos utilizados no fueron manipulados ni variados, y se obtuvieron en un determinado momento, el cual abarca las Etapas de trabajo de campo y gabinete, tal como manifiesta Hernández et al., (2003):

El diseño de la Investigación se clasifica en experimental y no experimental. Como su nombre lo dice, el diseño experimental: Situación de control, la cual se manipulan, de manera intencional, una o más variables independientes (causas), para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efectos). [...] El no experimental: Se define como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos. [...] El diseño no experimental se divide tomando en cuenta el tiempo durante el cual se recolectan los datos, éstos son: Diseño Transversal, donde se recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único, su propósito es describir variables y su incidencia de interrelación en un momento dado; y el Diseño Longitudinal, donde se recolectan datos a través del tiempo en puntos o periodos, para hacer inferencias

respecto al cambio, sus determinantes y sus consecuencias.

2.3.3 Población y Muestra

En el presente trabajo de investigación, el término Población corresponde a la Cantera Yanamachay, ubicado en el Distrito de San Francisco de Asís de Yarusyacán, Provincia de Pasco, región Pasco.

El término Muestra, corresponde a los taludes rocosos de la Cantera Yanamachay potencialmente inestables.

2.3.4 Recolección y procesamiento de la información

Para realizar la caracterización geológica y geomecánica de la Cantera Yanamachay, es importante tener definidas las siguientes condiciones:

- Geología local de la zona de la cantera.
- Zonificación geomecánica.
- Propiedades físico-mecánicas de la roca.

Por tanto, como primera actividad, se realizó una revisión de la bibliografía existente de la zona (fotografías aéreas, planos geológicos, boletines del INGEMMET).

Una vez recopilada la información bibliográfica, se realizó el mapeo geológico del área en estudio, identificando las unidades litológicas y estructuras predominantes. Luego, se procedió con el mapeo geomecánico en los taludes rocosos, identificando las familias de discontinuidades principales y registrándolas en formatos de trabajo. Así mismo, se ejecutaron ensayos in-situ con el esclerómetro en la masa rocosa y discontinuidades, y extracción de muestras de roca para ser ensayadas en el laboratorio de Mecánica de rocas. Se realizó el análisis cinemático y la clasificación geomecánica de los macizos rocosos, y en base a ello, la zonificación geomecánica de la cantera. Finalmente, con los parámetros geomecánicos obtenidos de los ensayos in-situ y de laboratorio, se ejecutó el análisis y diseño de los taludes.

2.4 Normas y reglamentaciones

Las Normas y Reglamentaciones Nacionales e Internacionales empleadas son las

siguientes:

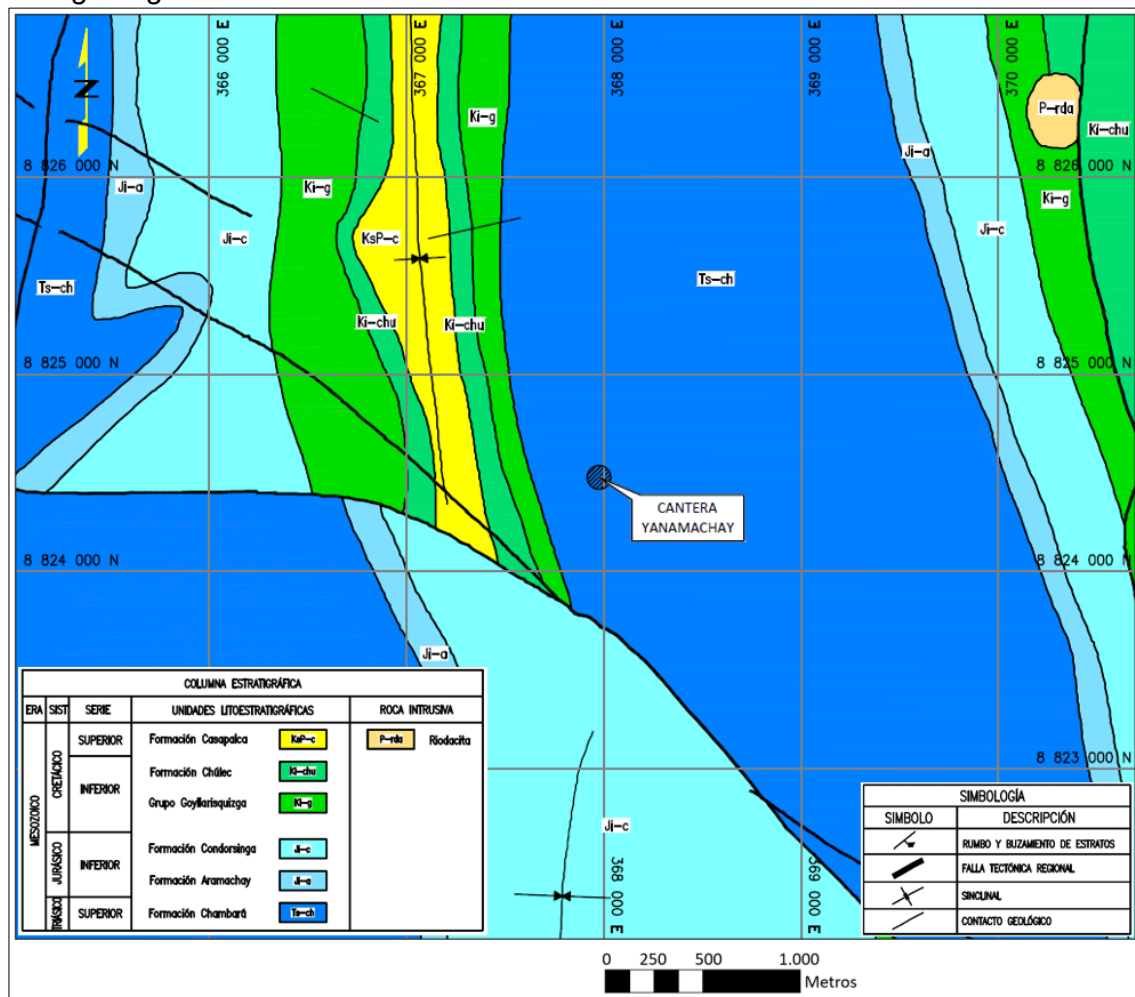
- Nacionales
 - Norma E.030 Diseño Sismorresistente. Reglamento Nacional de Edificaciones (2018).
 - Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes (2012).
- Internacionales
 - ISRM (International Society for Rock Mechanics) (1981).
 - USACE. Geotechnical Investigations, Engineer Manual (EM). U.S. Army Corps of Engineers (2001).
 - American Association of State Highway and Transportation Officials. (2014). AASHTO LRFD Bridge Design Specifications. Washington.
 - Norma ASTM C97-02. Ensayo de Propiedades Físicas.
 - Norma ASTM D-5731-02. Ensayo de Carga Puntual.
 - Norma ASTM D-2938. Ensayo de resistencia a la compresión uniaxial.

Capítulo III. Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Geología regional

Tomando como referencia el Boletín N° 144 Geología del Cuadrángulo de Cerro de Pasco, elaborado por el INGEMMET (2011), se muestra el Mapa de geología regional y la columna estratigráfica en la Figura 15 y Figura 16 respectivamente.

Figura 15
Geología regional del área de estudio



Nota: Elaboración propia

Figura 16

Columna estratigráfica regional del área de estudio

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA					
ERA	SIST	SERIE	UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS		ROCA INTRUSIVA
MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	Formación Casapalca	KsP-c	P-rda Riodacita
		INFERIOR	Formación Chúlec	Ki-chu	
			Grupo Goyllarisquizga	Ki-g	
	JURÁSICO	INFERIOR	Formación Condorsinga	Ji-c	
			Formación Aramachay	Ji-a	
	TRIÁSICO	SUPERIOR	Formación Chambará	Ts-ch	

Nota: Elaboración propia

A continuación, se describen las unidades estratigráficas identificadas a nivel regional.

3.1.1 Estratigrafía

3.1.1.1 Grupo Pucará. El Grupo Pucará fue subdividido por Mégard (citado en INGEMMET, 2011), en las Formaciones Chambará, Aramachay y Condorsinga, descritas a continuación:

- Formación Chambará (Ts-ch)

La Formación Chambará, por lo general, se encuentra concordantemente sobre las secuencias terrígenas continentales del Grupo Mitu o discordantemente sobre los volcánicos del Grupo Ambo, y por debajo de las secuencias calcáreas y pelíticas de la Formación Aramachay.

Dentro de la Formación Chambará, se encuentran secuencias de calizas en estratos delgados menores a 30 cm, las cuales pueden ser confundidas con la Formación Aramachay. Se le asigna una edad Triásico superior a Jurásico inferior (Noriano - Reatliano, Mégard, citado en INGEMMET, 2011).

- Formación Aramachay (Ji-a)

Litológicamente, se considera una secuencia que sobrepasa los 400 m de espesor, conformada por calizas mudstone con estratificación ondulada, y lutitas negras en estratos pequeños. Se le asigna una edad Jurásico inferior (Rehatiano superior – Sinemuriano, Cobbing et al., citado en INGEMMET, 2011)

- Formación Condorsinga (Ji-c)

Litológicamente, está compuesta por calizas oscuras con chert y algunas calizas nodulosas. Se le asigna una edad Jurásico inferior (Pliensbachiano – Toarciano, Mégard, 1978, citado en INGEMMET, 2011)

3.1.1.2 Grupo Goyllarisquiza. El área de estudio pertenece al Dominio Nororiental, aflorando las Formaciones Chimú y Santa-Carhuaz.

- Formación Chimú (Ki-ch)

Litológicamente, la parte inferior de la Formación Chimú está conformada por areniscas gruesas a conglomerádicas con intercalaciones de conglomerados con clastos subredondeados de cuarcitas, y niveles de carbón. Generalmente se le asigna una edad Cretácico inferior, pero puede llegar hasta el Tithoniano.

- Formación Santa-Carhuaz (Ki-s, ca)

Litológicamente, están compuestas por areniscas rojas con laminación cruzada intercalada con lutitas y limos masivos. Se le asigna una edad Cretácico inferior (Valanginiano – Berramiano, Benavides, 1956, citado en INGEMMET, 2011).

3.1.1.3 Formación Chúlec (Ki-chu). Litológicamente, se puede dividir en dos miembros: El miembro inferior, conformada por calizas margosas con laminación horizontal, seguida de calizas dolomitizadas y calcarenitas grises a pardas. El miembro superior está conformado por calizas grises intercalado con algunas margas laminadas. Se le asigna una edad Cretácico inferior (Albiano inferior).

3.1.1.4 Formación Casapalca (KsP-c). Está conformada por lutitas, limolitas, areniscas de colores rojo ladrillo. Hacia la base presenta niveles de conglomerados con

clastos de calizas, areniscas rojas, intrusivos y esquistos subangulares y hacia el tope, calizas blanquecinas con intercalaciones de areniscas conglomerádicas rojizas.

3.1.1.5 Riodacita. Corresponde a pórfidos riodacíticos, con presencia de pirita y completamente alteradas por actividad hidrotermal.

3.1.2 Geología estructural

El substrato rocoso del área de estudio corresponde a un bloque tectónico levantado por fallamiento inverso, conformada por calizas de edad Triásica superior (Formación Chambará) en contacto con limolitas-areniscas de edad Cretácico inferior (Formación Santa-Carhuaz); el plano de falla tectónica coincide con la dirección de los estratos NNO-SSE con fuertes buzamientos, en algunos casos estratos invertidos y/o volteados y presencia de esfuerzos tectónicos compresivos. La estructura plegativa y la presencia de fallas tectónicas antiguas determinan el carácter y los parámetros de fracturamiento del macizo rocoso (INGEMMET, 2011).

Las fallas tectónicas descritas son antiguas en el tiempo geológico; no se observa indicios de actividad neotectónica; durante los trabajos de campo no se han observado indicadores de movimientos actuales como: rotura de suelos cuaternarios en la trayectoria de la falla, desplazamientos en la cobertura, grietas alineadas, escarpas actuales de falla, por lo que consideramos como fallas tectónicas antiguas actualmente estables.

3.2 Geología local

La mejor exposición del substrato rocoso se aprecia en los bancos de la cantera Yanamachay (Ver Figura 17), constituidas mayormente por estratos delgados a gruesos de calizas color beige, dureza y resistencia media a alta, correspondientes a la Formación Chambará. Las calizas se encuentran intercaladas por sectores, por delgadas capas de margas y limolitas carbonosas de colores abigarrados, de baja dureza y resistencia.

Figura 17

Vista de los bancos de la cantera Yanamachay



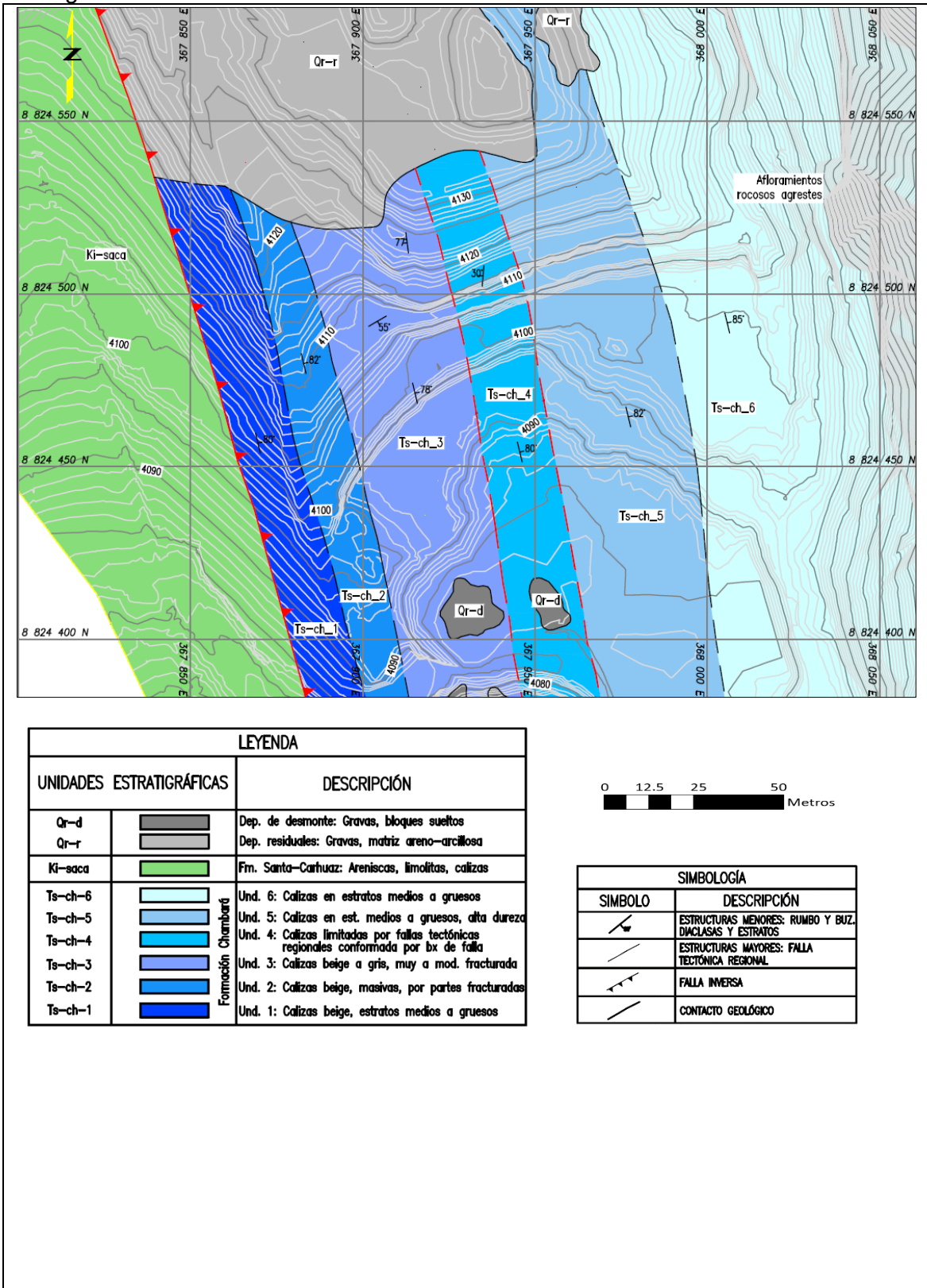
Nota: Elaboración propia

En la parte central de la cantera, el substrato rocoso se encuentra muy alterado y fracturado, debido a la trayectoria de dos fallas tectónicas regionales, que siguen una orientación subparalela NNO-SSE y buzamientos hacia el NE.

Hacia el sector Norte de la cantera, en la plataforma superior, se presenta el suelo de cobertura de naturaleza residual, producto de la meteorización de las rocas subyacentes. Presenta coloración marrón oscura, correspondiente a suelos arenos arcillosos, compacidad medianamente densa a densa. El espesor de la capa residual es variable, pero se estima que varía entre 4 a 7 m, sin embargo, en la continuidad de la zona de falla regional, el espesor podría ser mayor.

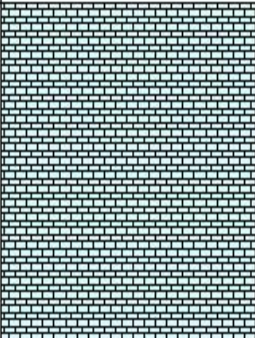
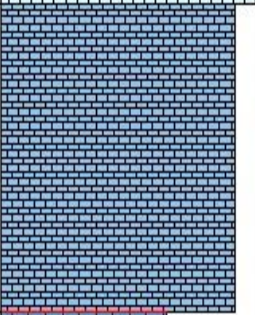
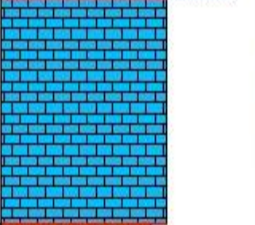
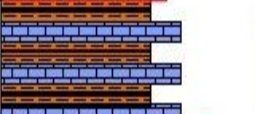


Se muestra el Mapa de geología local y la columna estratigráfica en la Figura 18 y Figura 19 respectivamente.

Figura 18
Geología local del área de estudio



Nota: Elaboración propia

Figura 19
Columna estratigráfica local del área de estudio

ERA	SISTEMA	UNIDAD ESTRATIGRÁFICA		ESPESOR (m.)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	
MESOZOICO	TRIÁSICO SUPERIOR - JURÁSICO INFERIOR	GRUPO PUCARÁ	Formación Chambará	Unidad 6	33		Calizas en estratos medios a gruesos, alta resistencia, y ligeramente fracturada.
				Unidad 5	30		Calizas en estratos medios a gruesos, alta resistencia, y ligera a moderadamente fracturada.
				Unidad 4	22		Limitada por fallas tectónicas regionales, conformada por brecha de falla y panizo. En la parte central calizas muy fracturadas.
				Unidad 3	12		Calizas beige a gris, tabular, muy fracturada a moderadamente fracturada.
				Unidad 2	7		Calizas beige, masivas, por sectores fracturadas.
				Unidad 1	10		Calizas beige, estratos medios a gruesos, moderadamente fracturada.

Nota: Elaboración propia

A continuación, se presenta con mayor detalle la estratigrafía y geología estructural identificada en el área del proyecto.

3.2.1 Estratigrafía

La cantera se encuentra conformada principalmente por calizas de la Formación Chambará, y de acuerdo con sus características geológicas-geotécnicas, se ha subdividido en seis unidades litológicas descritas desde la base hacia las partes superiores (Oeste a Este):

3.2.1.1 Unidad 1 (Ts-ch-1). Se desarrolla en el flanco occidental del área del campamento Yanamachay, en superficie se presenta como crestones resistentes alineados en dirección NNO, hacia el Sur en parte está cubierta por material de cobertura. Se encuentra conformada por calizas en estratos medios a gruesos, color gris a beige de alta dureza y resistencia, presenta intercalaciones delgadas de margas y limolitas carbonosas (Figura 20); por intemperismo se aprecia coloraciones marrón-rojizas (Figura 21); los estratos tienen una orientación N-340° a 345°-E, buzamiento entre 75° a 85° al NE; el grado de fracturamiento de los estratos son variables, estratos medios a gruesos: medianamente fracturada a fracturada, mientras en estratos delgados e intercalaciones de margas y limolitas carbonosas fracturada a muy fracturada. Hacia el Oeste está controlada por una falla tectónica inversa y al Este por la unidad 2 de la Formación Chambará. El espesor se estima entre 8 a 10 m

Figura 20

Vista hacia el banco nv 4076. Crestones de calizas masivas con intercalaciones de margas y limolitas



Nota: Elaboración propia

Figura 21

Vista hacia el banco nv. 4076. Intercalación de calizas masivas, margas y limolitas de coloraciones marrón-rojizas



Nota: Elaboración propia

3.2.1.2 Unidad 2 (Ts-ch-2). Conformada por calizas masivas, color beige, alta dureza y resistencia (Figura 22), los estratos siguen una dirección N-340° a 350°-E, inclinación entre 75° a 85° al NE; el grado de fracturamiento por lo general esta medianamente fracturada a fracturada, y por sectores se aprecia calizas masivas en buen estado (Figura 23). Está limitada al Oeste por la unidad 1 y al Este por unidad 3, el contacto es concordante. El espesor se estima entre 5 a 7 m.

Figura 22

Vista hacia el banco nv 4084. Estratos masivos de caliza beige, poco fracturada



Nota: Elaboración propia

Figura 23

Vista hacia el banco nv. 4084. Detalle de caliza masiva, color beige, alta dureza y resistencia, poco fracturada



Nota: Elaboración propia

3.2.1.3 Unidad 3 (Ts-ch-3). Se ubica próxima a la parte central del área de campamento Yanamachay. Constituida por calizas tabulares (Figura 24), estratos entre 0.10 m a 0.20 m de espesor, mediana dureza y resistencia, color beige, esporádicas intercalaciones de margas y calizas bituminosas de color gris oscuras a negras; los estratos tienen una orientación N-340° a 355°-E, buzamiento entre 75° a 90° al NE, en algunos casos, con estratos invertidos al Oeste; el patrón de fracturamiento de los estratos son variables, estratos tabulares (delgados) fracturados a muy fracturados, estratos delgados e intercalaciones de margas y limolitas carbonosas fracturadas a muy fracturadas (Figura 25). Al Oeste limitada por la unidad 2 y hacia el Este por la unidad 4, tiene contacto concordante. El espesor se estima entre 10 a 12 m.

Figura 24

Vista desde el banco nv. 4084. Estratos tabulares y delgados de calizas, fracturadas a muy fracturadas



Nota: Elaboración propia

Figura 25

Estratos de calizas controlados por fallas tectónicas, las cuales incrementan el grado de fracturamiento



Nota: Elaboración propia

3.2.1.4 Unidad 4 (Ts-ch-4). Esta unidad se ubica en la parte central del área de estudio, su mejor exposición se presenta en los cortes de los bancos, en las partes

superiores se distingue por su coloración marrón oscura. Se encuentra conformada por calizas beige en estratos de espesor entre 0.30 m a 0.50 m; en las partes altas los agentes del intemperismo han actuado con mayor severidad, en algunos casos los estratos calcáreos pasan a suelos residuales de color marrón-oscuro. Los estratos presentan una orientación entre N-340° a 360°-E, buzamientos entre 75° a 90° al NE a veces con estratos invertidos; el grado de fracturamiento es variable, en estratos delgados es fracturado a muy fracturado mientras que en estratos gruesos poco fracturado; los extremos de la unidad están controlados por dos fallas tectónicas regionales (Figura 26) con orientación N-340° a 355° E, buzamiento entre 80° a 90° al NE, ancho de falla entre 1.50 a 2.50 m y de 1.00 a 2.00 m, al Oeste y Este, respectivamente; en su trayectoria provocan derrumbes activos (Figura 27). Se estima un espesor entre 18 a 22 m.

Figura 26

Vista de la Unidad 4, controlada por dos fallas tectónicas regionales (color rojo) originando derrumbes



Nota: Elaboración propia

Figura 27

Falla tectónica regional Este (color rojo), nótese en el banco superior derrumbes activos (color amarillo)



Nota: Elaboración propia

3.2.1.5 Unidad 5 (Ts-ch-5). Se presenta desde la parte central hacia el lado oriental; se distingue por su coloración marrón oscura a parduzca; esta unidad presenta buenas condiciones geomecánicas (Figura 28), constituida por calizas beige de alta dureza y resistencia, estratos de espesor entre 0.40 m a 1.50 m. Los estratos presentan orientaciones que varían entre N-340° a 360°-E, buzamientos entre 75° a 90° al NE, con ocasionales estratos invertidos; el grado de fracturamiento es variable, en estratos de espesor mediano, es fracturado a poco fracturado y en estratos gruesos y masivos, bajo a nulo fracturamiento (Figura 29); dentro de esta unidad se distinguen fallas tectónicas locales con dirección NNO y SSE, NE-SO y E-O y ancho menor a 0.20 m. Se estima un espesor entre 25 a 30 m.

Figura 28

Estratos de calizas de espesor medio a grueso, de buenas condiciones geomecánicas



Nota: Elaboración propia

Figura 29

Calizas mayormente sanas, con menor grado de fracturamiento



Nota: Elaboración propia

3.2.1.6 Unidad 6 (Ts-ch-6). Se ubica en el extremo oriental del área de estudio;

en los cortes de los bancos se aprecian sus mejores características geomecánicas; se caracteriza por su coloración marrón oscura a parduzca, por debajo presenta condiciones geomecánicas similares a la unidad 5. Se encuentra conformada por calizas de alta dureza y resistencia (Figura 30), color beige con tonos rojizos; estratos de espesor entre 0.40 m a 1.50 m; los estratos tienen una orientación entre N-340° a 360°-E, buzamientos entre 75° a 90° al NE; el grado de fracturamiento es variable, en estratos medianos es fracturado a poco fracturado y en estratos gruesos y masivos bajo a nulo fracturamiento (Figura 31). Se distinguen fallas tectónicas locales con dirección NNO y SSE y NE-SO, con ancho de falla menor a 0.30 m. Se estima un espesor entre 28 a 33 m, los estratos continúan hacia el Este formando grandes abismos rocosos.

Figura 30
Secuencias de calizas de alta dureza y resistencia



Nota: Elaboración propia

Figura 31

Calizas medianamente fracturadas a fracturadas, entre los bancos nv. 4124 a 4092



Nota: Elaboración propia

3.2.2 Geología estructural

3.2.2.1 Fallas tectónicas longitudinales (N-S). En la parte central de la Cantera Yanamachay se aprecian dos alineamientos continuos que cortan los bancos, se distinguen por sus coloraciones rojizas y grisáceas, sirven como limites extremos para la Unidad 4.

En el lado occidental se ubica la falla regional Oeste (FRO), tiene un rumbo entre N5°- 15°O, inclinación entre 80° a 90° al NE, ancho de falla 1.50 a 2.50 m (Figura 32). La zona de falla está conformada por brecha de falla, panizo y/o milonita de baja consistencia y susceptible a derrumbes menores.

Por el lado oriental se ubica la falla regional Este (FRE), presenta un rumbo entre N5°-20°O, inclinación entre 80° a 90° al NE, ancho de falla 1.0 a 2.0 m (Figura 33), siendo la zona de falla: brecha de falla, milonita y/o panizo, con desarrollo de derrumbes activos y que comprometen a los bancos desde el nv. 4116 a nv. 4092. Se considera movimiento tipo normal con bloques escalonados hacia el Este, por su ancho de falla, se estima longitud menor a 3 km.

Figura 32

Vista hacia el banco nv. 4108. Falla tectónica regional Oeste (FRO), presenta ancho de 2.50 m



Nota: Elaboración propia

Figura 33

Vista hacia el banco nv. 4100. Falla tectónica regional Este (FRE), presenta ancho de 2.00 m



Nota: Elaboración propia

3.2.2.2 Fallas tectónicas transversales (E-O). Son fallas tectónicas de carácter

local, ancho de falla menor a 0.40 m; por lo general presentan rumbo E-O, buzamiento hacia el Sur; no se observa actividad de movimientos recientes (Figura 34 y Figura 35).

A lo largo de las fallas se presentan desprendimientos de rocas de tamaños menores a 0.40 m. Tienen movimiento de rumbo dextral y sinistral.

Figura 34

Vista al banco nv. 4100. Falla local (color rojo), con rumbo N75°E y buzamiento 70°SE



Nota: Elaboración propia

Figura 35

Vista al banco nv. 4084. Falla tectónica local (color rojo), rumbo E-O y buzamiento 65° S, ancho de falla 0.25 m



Nota: Elaboración propia

3.2.2.3 Fallas tectónicas oblicuas (NO-SE). Son fallas tectónicas de carácter local, ancho de falla menor a 0.40 m; por lo general tiene dirección andina NO-SE con

buzamientos hacia el NE; no se observa actividad de movimientos recientes (Figura 36 y Figura 37).

Las fallas presentan movimiento normal, y a lo largo de ellas se presentan desprendimientos de rocas de tamaños variables. Se estima longitud menor a 500 m.

Figura 36

Vista al banco nv. 4100. Falla tectónica local (color rojo), rumbo N25°O y buzamiento 65° NE, ancho de falla 0.50 m



Nota: Elaboración propia

Figura 37

Vista al banco nv. 4100. Falla tectónica local (color rojo), rumbo N20°O y buzamiento 80° NE, ancho de falla 1.50 m



Nota: Elaboración propia

3.2.3 Hidrogeología

Durante las investigaciones geotécnicas ejecutadas en la etapa de campo, no se ha registrado presencia del nivel freático ni filtraciones de agua en las discontinuidades de los taludes rocosos; así mismo, considerando que la ubicación del campamento proyectado corresponde a la parte alta de una zona de media ladera, es posible su ausencia. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, en temporada de lluvias, las precipitaciones pluviales discurren a través de las discontinuidades del macizo rocoso, ocasionando un deterioro de sus propiedades mecánicas (menor resistencia).

De igual manera, el substrato rocoso se encuentra conformado por calizas, y durante los trabajos de campo no se han reportado evidencias de procesos kársticos, sin embargo, será necesario realizar una inspección durante el movimiento de tierras (desbroce) para la plataforma del campamento, en la etapa de construcción.

3.2.4 Condiciones actuales del macizo rocoso

La cantera Yanamachay se encuentra conformada por bancos de niveles rocosos de altura aproximada 8 m (los bancos varían desde la cota 4084 a la cota 4130). De acuerdo con el mapeo geológico-geomecánico realizado, presenta las siguientes condiciones actuales:

3.2.4.1 Zona de cobertura superficial. Corresponde a la parte alta, es la cobertura superficial del banco superior de la cantera, ubicada sobre la cota 4130, actualmente son plataformados donde se observa la superficie intemperizada, conformada por suelo residual predominantemente areno arcilloso (Figura 38).

3.2.4.2 Zona de bancos (taludes rocosos). La mejor exposición del substrato rocoso se observa en los cortes de los bancos; conformados por calizas de la Formación Chambará, la estratificación tiene rumbo NNO-SSE, con fuerte inclinación de estratos hacia el NE, la base de la secuencia se ubica al Oeste de la cantera, mientras el tope hacia el Este (Figura 39).

Figura 38

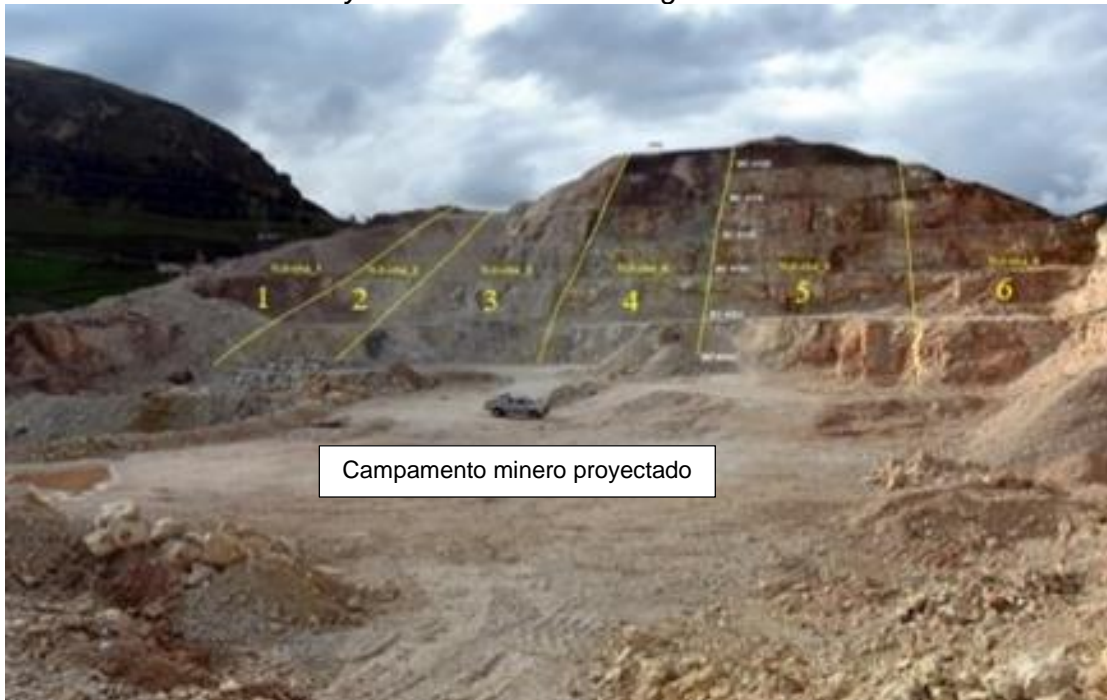
Suelo arenoso arcilloso sobre los bancos de la cantera



Nota: Elaboración propia

Figura 39

Estratos de rocas calcáreas y las seis unidades litológicas



Nota: Elaboración propia

De acuerdo con el grado de fracturamiento del macizo rocoso expuesto en los bancos, se han diferenciado seis (06) unidades:

- Unidad 1: tiene un espesor entre 8 a 10 m; por lo general el grado de fracturamiento

es regular.

- Unidad 2: tiene una potencia entre 5 a 7 m; entre la cota 4116 a 4100, el grado de fracturamiento es regular a malo, sin embargo, mejora desde la cota 4100 hacia cotas inferiores como regular a bueno.
- Unidad 3: tiene un espesor entre 10 a 12 m; el grado de fracturamiento varía entre regular a malo.
- Unidad 4: corresponde a la zona limitada por fallas tectónicas, tiene un ancho entre 18 a 22 m; el grado de fracturamiento oscila entre regular a malo con tendencia a mejorar a partir de las cotas 4100 a 4084; en la zona de ancho de falla la roca está muy triturada, brechada y con presencia de panizo.
- Unidad 5: tiene un espesor de entre 25 a 30 m; el grado de fracturamiento oscila entre regular a bueno.
- Unidad 6: tiene espesor entre 28 a 33 m; el grado de fracturamiento oscila entre regular a bueno, leve intemperismo.

3.3 Investigaciones geotécnicas

Las investigaciones geotécnicas fueron realizadas en la superficie de la Cantera Yanamachay y se describen a continuación.

3.3.1 Calicatas o excavaciones a cielo abierto

Se ejecutaron ocho (08) calicatas para determinar los parámetros físico-mecánicos del suelo de cobertura.

Las coordenadas de ubicación se presentan en la Tabla 16.

Tabla 16

Ubicación de las calicatas ejecutadas

Calicata	Coordenadas UTM WGS-84		Profundidad (m.)	Elevación (m.s.n.m.)
	Este	Norte		
C-01	367,908	8'824,584	0.60	4,138.00
C-02	367,875	8'824,590	1.80	4,133.00
C-03	367,917	8'824,560	1.60	4,132.00
C-04	367,926	8'824,592	3.00	4,134.00
C-05	367,921	8'824,542	0.70	4,132.00
C-06	367,950	8'824,547	0.30	4,133.00
C-07	367,850	8'824,572	1.80	4,126.00
C-08	367,903	8'824,566	2.50	4,133.00

Nota: Elaboración propia

Los registros de excavación de las calicatas se presentan en el Anexo 1.

3.3.2 Estaciones geomecánicas

Se realizaron diecinueve (19) estaciones geomecánicas empleando la metodología de celdas de detalle, distribuidas en los taludes de la cantera Yanamachay. En ellas se registraron las principales familias de discontinuidades (azimut y dirección de buzamiento), así como las condiciones y características que presentan.

Las coordenadas de ubicación se presentan en la Tabla 17.

Tabla 17
Ubicación de las estaciones geomecánicas realizadas

Estación geomecánica	Coordenadas UTM WGS-84		Elevación (m.s.n.m.)
	Este	Norte	
EG-01	367,915	8'824,419	4,090.00
EG-02	367,930	8'824,446	4,090.00
EG-03	367,952	8'824,460	4,088.00
EG-04	367,973	8'824,455	4,091.00
EG-05	367,908	8'824,523	4,126.00
EG-06	367,918	8'824,523	4,129.00
EG-07	367,901	8'824,501	4,111.00
EG-08	367,909	8'824,485	4,104.00
EG-09	367,926	8'824,492	4,103.00
EG-10	367,924	8'824,498	4,113.00
EG-11	367,947	8'824,485	4,095.00
EG-12	367,933	8'824,479	4,096.00
EG-13	367,946	8'824,498	4,103.00
EG-14	367,953	8'824,509	4,112.00
EG-15	367,973	8'824,506	4,104.00
EG-16	367,990	8'824,509	4,104.00
EG-17	368,004	8'824,509	4,103.00
EG-18	367,883	8'824,436	4,100.00
EG-19	367,887	8'824,463	4,107.00

Nota: Elaboración propia

Los formatos de las Estaciones Geomecánicas realizadas se encuentran en el Anexo 3.

3.3.3 Ensayos con martillo de Schmidt

Durante la etapa de campo, se realizaron ensayos in-situ con el martillo de Schmidt tipo L, en cada estación geomecánica, con el objetivo de estimar la resistencia a la compresión de la masa rocosa y discontinuidades. Se realizaron diecinueve (19) pruebas en la masa rocosa y diecinueve (19) en las paredes de las discontinuidades.

En la Tabla 18 y Tabla 19 se indican los resultados obtenidos:

Tabla 18*Resultados de la prueba del martillo de Schmidt en la masa rocosa*

Estación Geomecánica	Posición del Martillo	Promedio de rebote corregido	UCS (MPa)	Clase ISRM (1981)	Descripción
EG-01	-45°	43.34	98.00	R4	Roca dura
EG-02	-45°	39.70	84.00	R4	Roca dura
EG-03	-45°	37.28	74.00	R4	Roca dura
EG-04	-45°	52.46	155.00	R5	Roca muy dura
EG-05	-45°	41.32	87.00	R4	Roca dura
EG-06	-45°	37.28	74.00	R4	Roca dura
EG-07	-45°	42.33	93.00	R4	Roca dura
EG-08	-45°	43.34	98.00	R4	Roca dura
EG-09	-45°	42.33	93.00	R4	Roca dura
EG-10	-45°	34.25	62.00	R4	Roca dura
EG-11	-45°	36.27	70.00	R4	Roca dura
EG-12	-45°	35.26	66.00	R4	Roca dura
EG-13	-45°	33.24	60.00	R4	Roca dura
EG-14	-45°	43.34	98.00	R4	Roca dura
EG-15	-45°	48.39	132.00	R5	Roca muy dura
EG-16	-45°	44.35	105.00	R5	Roca muy dura
EG-17	-45°	51.44	148.00	R5	Roca muy dura
EG-18	-45°	42.33	93.00	R4	Roca dura
EG-19	-45°	45.36	110.00	R5	Roca muy dura

Nota: Elaboración propia

Tabla 19*Resultados de la prueba del martillo de Schmidt en las paredes de las discontinuidades*

Estación Geomecánica	Posición del Martillo	Promedio de rebote corregido	JCS (MPa)	Clase ISRM (1981)	Descripción
EG-01	0°	22.80	35.00	R3	Roca mod. Dura
	0°	25.90	40.00	R3	Roca mod. Dura
	0°	36.30	68.00	R4	Roca dura
EG-02	0°	17.60	26.00	R3	Roca mod. Dura
	-45°	27.20	43.00	R3	Roca mod. Dura
	-45°	27.20	43.00	R3	Roca mod. Dura
EG-03	0°	17.60	26.00	R3	Roca mod. Dura
	-45°	30.20	50.00	R3	Roca mod. Dura
	-45°	25.20	39.00	R3	Roca mod. dura
EG-04	0°	24.80	37.00	R3	Roca mod. dura
	-45°	35.30	65.00	R4	Roca dura
	-45°	27.20	43.00	R3	Roca mod. dura
EG-05	-45°	27.20	43.00	R3	Roca mod. dura
	0°	29.00	49.00	R3	Roca mod. dura
	-45°	38.30	80.00	R4	Roca dura
EG-06	-45°	26.20	40.00	R3	Roca mod. dura
	0°	37.30	78.00	R4	Roca dura
	0°	22.80	35.00	R3	Roca mod. dura
EG-07	0°	33.10	58.00	R4	Roca dura
	0°	30.00	50.00	R3	Roca mod. dura
	0°	18.70	27.00	R3	Roca mod. dura
EG-08	0°	37.30	78.00	R4	Roca dura
	0°	30.00	50.00	R3	Roca mod. dura
	0°	35.20	65.00	R4	Roca dura
EG-09	0°	30.00	50.00	R3	Roca mod. dura
	-45°	37.30	78.00	R4	Roca dura
	-45°	35.30	65.00	R4	Roca dura
EG-09	-45°	23.10	35.00	R3	Roca mod. dura
EG-09	0°	36.30	68.00	R4	Roca dura

Estación Geomecánica	Posición del Martillo	Promedio de rebote corregido	JCS (MPa)	Clase ISRM (1981)	Descripción
	0°	33.10	58.00	R4	Roca dura
	0°	30.00	50.00	R3	Roca mod. dura
	0°	22.80	35.00	R3	Roca mod. dura
EG-10	0°	29.00	49.00	R3	Roca mod. dura
	0°	26.90	42.00	R3	Roca mod. dura
	0°	26.90	42.00	R3	Roca mod. dura
	0°	11.70	18.00	R2	Roca blanda
	0°	18.70	27.00	R3	Roca mod. dura
EG-11	0°	22.80	35.00	R3	Roca mod. dura
	0°	17.60	26.00	R3	Roca mod. dura
	0°	12.70	22.00	R2	Roca blanda
	0°	17.60	26.00	R3	Roca mod. dura
EG-12	0°	19.70	29.00	R3	Roca mod. dura
	0°	19.70	29.00	R3	Roca mod. dura
	0°	14.60	24.00	R2	Roca blanda
	0°	22.80	35.00	R3	Roca mod. dura
EG-13	0°	30.00	50.00	R3	Roca mod. dura
	0°	24.80	37.00	R3	Roca mod. dura
	0°	12.70	22.00	R2	Roca blanda
	0°	39.40	82.00	R4	Roca dura
EG-14	0°	38.40	80.00	R4	Roca dura
	0°	30.00	50.00	R3	Roca mod. dura
	0°	39.40	82.00	R4	Roca dura
	0°	40.50	85.00	R4	Roca dura
EG-15	0°	41.50	90.00	R4	Roca dura
	0°	37.30	78.00	R4	Roca dura
	0°	21.80	33.00	R3	Roca mod. dura
	0°	40.50	85.00	R4	Roca dura
EG-16	0°	38.40	80.00	R4	Roca dura
	0°	38.40	80.00	R4	Roca dura
	0°	21.80	33.00	R3	Roca mod. dura
	0°	30.00	50.00	R3	Roca mod. dura
EG-17	-45°	46.37	115.00	R5	Roca muy dura
	0°	45.36	112.00	R5	Roca muy dura
	0°	30.00	50.00	R3	Roca mod. dura
EG-18	0°	36.30	68.00	R4	Roca dura
	0°	35.20	65.00	R4	Roca dura
	0°	36.30	68.00	R4	Roca dura
EG-19	0°	41.50	90.00	R4	Roca dura
	0°	37.30	78.00	R3	Roca mod. Dura

Nota: Elaboración propia

El anexo 4 muestra formatos de registros de las Pruebas con el Martillo de Schmidt.

3.4 Mapeo geológico y geomecánico en la superficie de la cantera

Con la finalidad de caracterizar geológica y geomecánicamente el área de la cantera, se realizó el mapeo geológico superficial, identificando en campo las unidades litológicas y los aspectos geomorfológicos y estructurales predominantes, que han sido descritos con detalle en los ítems 3.2.1 y 3.2.5.

El mapeo geomecánico correspondiente a los taludes rocosos de la cantera, se realizó aplicando la metodología de celdas de detalle. Este método consiste en identificar

y cuantificar las características del macizo rocoso (resistencia a la compresión simple y RQD) y las características de las principales familias de discontinuidades. Para cada familia se determina el tipo de discontinuidad, orientación (buzamiento y dirección de buzamiento), resistencia de la pared de la discontinuidad, espaciamiento, persistencia, abertura, relleno, rugosidad y grado de alteración o meteorización.

3.5 Distribución de las discontinuidades

Mediante el programa DIPS V. 6.008 elaborado por Rocscience (2013), se realizó el análisis estadístico de las discontinuidades de cada estación geomecánica, utilizando la técnica de proyección estereográfica, y así obtener la orientación y buzamiento de los principales sistemas de discontinuidades. Así mismo, se ha realizado un análisis compósito de las discontinuidades, obteniendo las principales familias de discontinuidades de toda la superficie de la cantera.

En la Tabla 20 hay un resumen con las orientaciones y buzamientos de los sistemas de discontinuidades identificados en cada estación geomecánica y el compósito final.

Tabla 20

Resumen de los principales sistemas de discontinuidades

Estación Geomecánica	Sistemas de discontinuidades (Buzamiento/Dirección de buzamiento)			
	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
EG-01	79°/80°	79°/20°	73°/351°	-
EG-02	80°/45°	45°/140°	62°/139°	-
EG-03	80°/82°	60°/139°	20°/149°	78°/190°
EG-04	60°/157°	30°/250°	80°/255°	-
EG-05	21°/289°	61°/172°	77°/159°	51°/252°
EG-06	79°/87°	30°/268°	79°/165°	81°/279°
EG-07	41°/101°	63°/140°	52°/278°	73°/305°
EG-08	80°/162°	12°/175°	79°/242°	-
EG-09	25°/278°	41°/287°	66°/255°	83°/85°
EG-10	75°/185°	61°/106°	70°/75°	70°/151°
EG-11	84°/150°	84°/107°	11°/72°	71°/161°
EG-12	52°/166°	76°/134°	19°/175°	77°/76°
EG-13	75°/283°	6°/205°	83°/319°	36°/8°
EG-14	82°/143°	8°/331°	80°/77°	70°/266°
EG-15	41°/80°	34°/279°	14°/105°	61°/162°
EG-16	82°/264°	11°/277°	34°/263°	62°/71°
EG-17	66°/179°	33°/282°	63°/101°	-
EG-18	78°/80°	47°/142°	79°/23°	-
EG-19	78°/76°	60°/147°	75°/321°	-
Compósito final	78°/81°	69°/159°	24°/278°	-

Nota: Elaboración propia

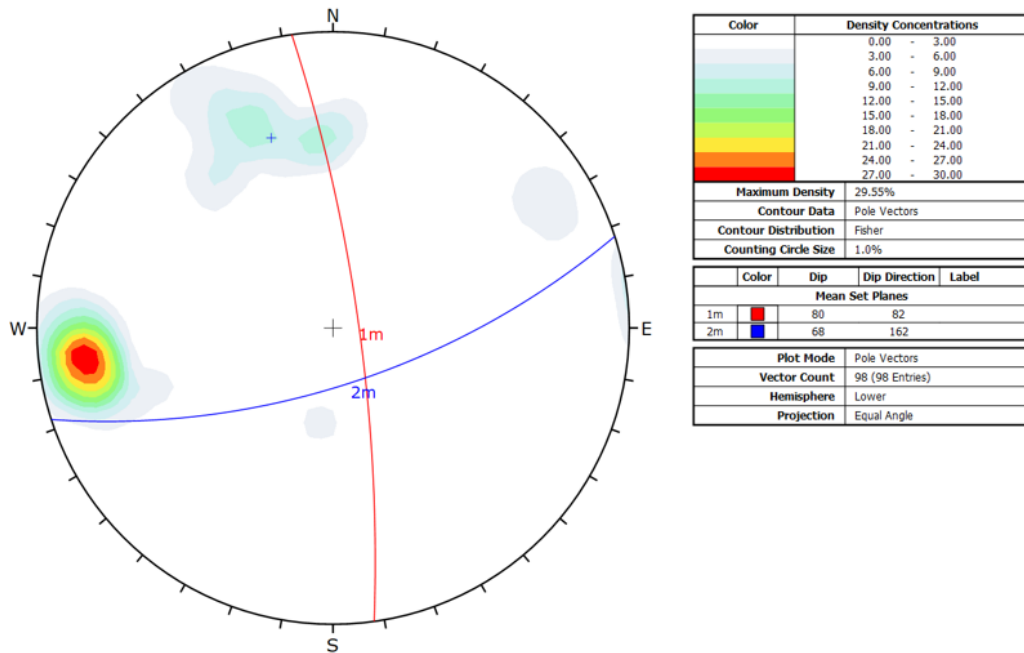
Con la información obtenida, se identificaron las estructuras mayores y estructuras menores del área de proyecto.

3.5.1 Estructuras mayores

De todas las discontinuidades identificadas, se denominan estructuras mayores a los diferentes tipos de fallas que se manifiestan en el área del proyecto. Véase Figura 40.

Figura 40

Proyección estereográfica de contornos y círculos mayores



Nota: Elaboración propia

Con base a los resultados obtenidos, estructuralmente, el área del proyecto está controlado principalmente por dos sistemas de fallas:

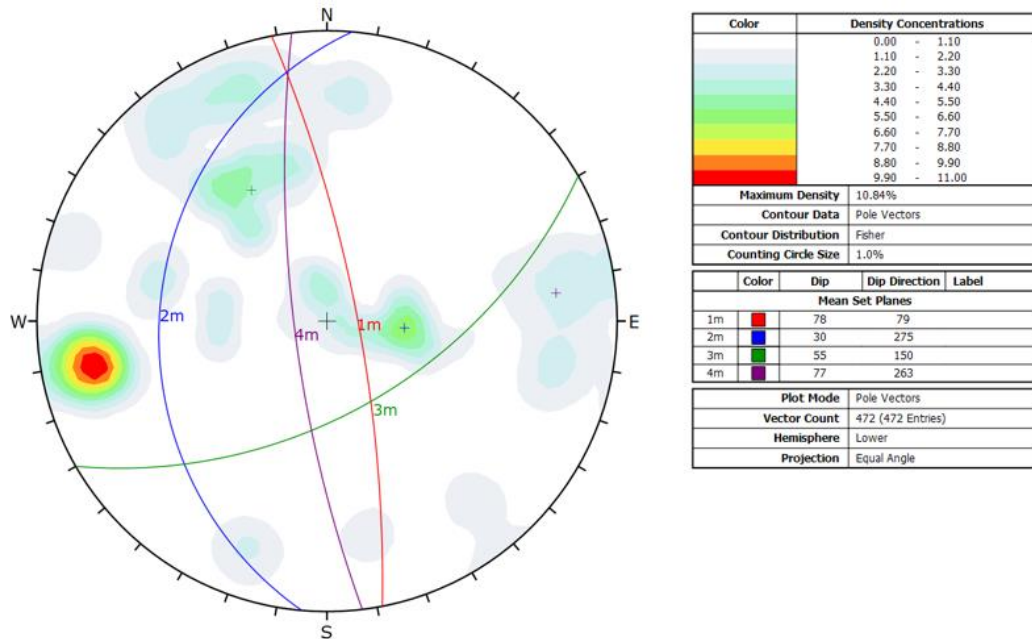
- Sistema 1: Presenta rumbo promedio N8°O y buzamiento promedio 80°NE.
- Sistema 2: Presenta rumbo promedio N72°E y buzamiento promedio 68°SE.

3.5.2 Estructuras menores

De todas las discontinuidades identificadas en campo, se denominan estructuras menores a las diaclasas y estratificaciones que se manifiestan en el área del proyecto. Véase Figura 41.

Figura 41

Proyección estereográfica de contornos y círculos menores



Nota: Elaboración propia

Con base a los resultados obtenidos, el área del proyecto presenta cuatro sistemas de discontinuidades estructurales menores:

- Sistema 1: Presenta rumbo promedio N11°O y buzamiento promedio 78°NE. Es similar al sistema 1 identificado en las estructuras mayores.
- Sistema 2: Presenta rumbo promedio N5°E y buzamiento promedio 30°NO.
- Sistema 3: Presenta rumbo promedio N60°E y buzamiento promedio 55°SE. Es similar al sistema 2 identificado en las estructuras mayores.
- Sistema 4: Presenta rumbo promedio N7°O y buzamiento promedio 77°SO.

3.6 Aspectos estructurales

Los aspectos o características estructurales de las discontinuidades se establecieron con base a la información extraída de las estaciones geomecánicas y las observaciones realizadas durante el mapeo geológico. De acuerdo con ello, se detallan las principales características estructurales de los sistemas de estructuras mayores y menores identificados:

Estructuras mayores: Fallas

Estos sistemas de fallas presentan las siguientes características estructurales:

- Ancho de falla variable, entre 1.0 a 3.0 m
- Persistencia mayor a 20.0 m
- Las fallas presentan relleno de panizo y/o material triturado de baja consistencia
- Aberturas mayores a 5 mm
- Espaciamiento variable mayor a 2.0 m

Estructuras menores: Diaclasas y estratificaciones

Estos sistemas menores presentan las siguientes características estructurales:

- Persistencia variable, menores a 0.6 m en estratos, y superiores en diaclasas
- Presentan relleno de panizo de baja consistencia
- Aberturas menores a 5 mm
- Espaciamiento variable, entre 1.0 a 10.0 m.

Capítulo IV. Análisis y discusión de resultados

4.1 Descripción geotécnica de suelos

Los suelos identificados en campo corresponden al material de cobertura sobre el banco nv. 4130. Se extrajeron muestras de suelo para ser ensayadas en laboratorio, con el fin de determinar las características físico-mecánicas y estimar el espesor del material de cobertura. En la Tabla 21 se presentan los diferentes ensayos a los que fueron sometidas y en la Tabla 22 y Tabla 23 los resultados.

Tabla 21
Ensayos de laboratorio en suelos

Relación de ensayos	Normativa	Propósito del ensayo
Contenido de humedad de un suelo	ASTM-D-2216	Determina el contenido de humedad del suelo
Análisis granulométrico de suelos por tamizado	ASTM-D-422	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Límite líquido (Malla N.º 40)	ASTM-D-4318	Hallar el contenido de agua entre los estados líquido y plástico
Límite plástico (Malla N.º 40)	ASTM-D-4318	Hallar el contenido de agua entre los estados plásticos y semi sólido
Clasificación de suelos para propósitos de ingeniería (SUCS).	ASTM-D-2487	Clasificación del suelo
Corte directo en suelos	ASTM-D-3080	Establecer parámetros de resistencia al corte

Nota: Elaboración propia

Tabla 22
Resultados de los ensayos estándares

Calicata	Muestra	Profundidad (m.)	Contenido de humedad (%)	Límites de Consistencia			SUCS
				LL (%)	LP (%)	IP (%)	
C-01	M-1	0.00 – 0.60	7.8	31	17	14	SC
C-02	M-1	0.00 – 1.80	5.6	25	15	10	GC
C-03	M-1	0.00 – 1.60	15.9	27	17	10	SC
C-04	M-1	0.00 – 3.00	15.8	30	19	11	SC
C-05	M-1	0.00 – 0.70	7.9	29	16	13	GC
C-06	M-1	0.00 – 0.30	8.7	22	14	8	SC
C-07	M-2	0.70 – 1.80	12.6	46	20	26	SC

Nota: Las calicatas se ejecutaron hasta esas profundidades por encontrarse roca. Así mismo, en la Calicata C-08 se encontró material de relleno antrópico hasta 0.20 m y subyaciendo roca fracturada.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23*Resultados de los ensayos de corte directo*

Calicata	Profundidad (m.)	Cohesión (KPa)	Ángulo de fricción (°)
C-03	0.00 – 1.60	5.48	28.30
C-04	0.00 – 3.00	4.29	26.50
C-05	0.00 – 0.70	0.14	29.20

Nota: Elaboración propia

Los registros de excavación se presentan en el Anexo 1 y los certificados de los ensayos de laboratorio en el Anexo 2.

Con base a las calicatas ejecutadas, se infiere que la capa de cobertura del suelo comprende espesores que varían entre 0.20 m a 3.00 m, y subyaciendo se presenta la roca caliza fracturada, que se encuentra expuesta en los bancos de la cantera en estudio.

4.2 Análisis geomecánico

Comprende los ensayos in-situ y de laboratorio realizados con el fin de caracterizar geomecánicamente los taludes rocosos de la cantera, y son descritos en los siguientes ítems. Así mismo, los certificados de los ensayos realizados se presentan en el Anexo 2.

4.2.1 Resultados de los ensayos de carga puntual

Este ensayo tiene como objetivo estimar la resistencia de la compresión simple de la roca intacta, que se usa para determinar la calidad del macizo rocoso. El ensayo fue realizado en el Laboratorio de Mecánica de Suelos, Rocas y Pavimentos de CUMBRA INGENIERÍA S.A., siguiendo la norma ASTM D-5731-02.

Se ejecutaron diecinueve (19) ensayos de carga puntual en cada estación geomecánica, y el resumen de los resultados se presentan en la Tabla 24.

Tabla 24*Resultados de los ensayos de carga puntual*

Estación Geomecánica	Litología	UCS (MPa)	Clase ISRM (1981)	Descripción
EG-01	Calizas	105.30	R5	Roca muy dura
EG-02	Calizas	88.94	R4	Roca dura
EG-03	Calizas	80.32	R4	Roca dura
EG-04	Calizas	164.03	R5	Roca muy dura
EG-05	Calizas	85.39	R4	Roca dura
EG-06	Calizas	77.56	R4	Roca dura
EG-07	Calizas	84.75	R4	Roca dura
EG-08	Calizas	100.77	R5	Roca muy dura
EG-09	Calizas	100.40	R5	Roca muy dura
EG-10	Calizas	65.55	R4	Roca dura
EG-11	Calizas	78.29	R4	Roca dura
EG-12	Calizas	73.64	R4	Roca dura
EG-13	Calizas	66.54	R4	Roca dura
EG-14	Calizas	108.22	R5	Roca muy dura
EG-15	Calizas	149.75	R5	Roca muy dura
EG-16	Calizas	112.18	R5	Roca muy dura
EG-17	Calizas	153.95	R5	Roca muy dura
EG-18	Calizas	102.35	R5	Roca muy dura
EG-19	Calizas	115.59	R5	Roca muy dura

Nota: Elaboración propia**4.2.2 Resultados de los ensayos de propiedades físicas**

Con las muestras de roca extraídas en los taludes rocosos, se realizaron ensayos para determinar las propiedades físicas de la roca.

Los ensayos fueron realizados en el Laboratorio de Mecánica de Rocas de CUMBRA INGENIERÍA S.A., bajo las Normas ASTM respectivas; los ensayos realizados son:

- Gravedad Específica (ASTM C- 9783).
- Porosidad (ASTM C-9783).
- Absorción (ASTM C-9783).
- Densidad (ASTM-2937).

Se ejecutaron cinco (05) ensayos de propiedades físicas, y el resumen de resultados se presenta en la Tabla 25.

Tabla 25*Resultados de los ensayos de propiedades físicas*

Estación Geomecánica	Litología	Densidad	Densidad	Porosidad	Absorción	Peso
		seca (g/cm ³)	húmeda (g/cm ³)	abierta (%)	(%)	específico aparente (KN/m ³)
EG-01	Calizas	2.60	2.61	0.33	0.13	25.48
EG-03	Calizas	2.61	2.62	0.22	0.08	25.61
EG-10	Calizas	2.63	2.64	0.32	0.12	25.80
EG-14	Calizas	2.69	2.70	0.27	0.10	26.43
EG-17	Calizas	2.61	2.61	0.23	0.09	25.58

Nota: Elaboración propia**4.2.3 Resistencia de la roca intacta**

Los valores de la resistencia a la compresión simple de la roca intacta se obtuvieron mediante los procedimientos siguientes: en campo mediante la prueba del martillo de Schmidt y en Laboratorio mediante el Ensayo de carga puntual.

En la Tabla 26 se muestra el resumen de resultados de ambos ensayos.

Tabla 26*Resultados de los ensayos – martillo de Schmidt y carga puntual*

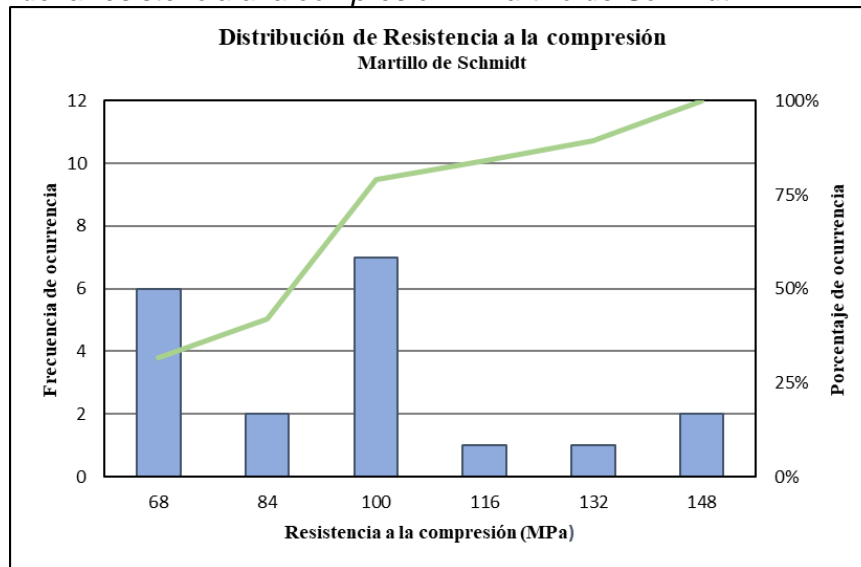
Estación Geomecánica	Litología	UCS (MPa)		Clase ISRM (1981)	Descripción
		Martillo de Schmidt	Carga puntual		
EG-01	Calizas	98.00	105.30	R5	Roca muy dura
EG-02	Calizas	84.00	88.94	R4	Roca dura
EG-03	Calizas	74.00	80.32	R4	Roca dura
EG-04	Calizas	155.00	164.03	R5	Roca muy dura
EG-05	Calizas	87.00	85.39	R4	Roca dura
EG-06	Calizas	74.00	77.56	R4	Roca dura
EG-07	Calizas	93.00	84.75	R4	Roca dura
EG-08	Calizas	98.00	100.77	R5	Roca muy dura
EG-09	Calizas	93.00	100.40	R5	Roca muy dura
EG-10	Calizas	62.00	65.55	R4	Roca dura
EG-11	Calizas	70.00	78.29	R4	Roca dura
EG-12	Calizas	66.00	73.64	R4	Roca dura
EG-13	Calizas	60.00	66.54	R4	Roca dura
EG-14	Calizas	98.00	108.22	R5	Roca muy dura
EG-15	Calizas	132.00	149.75	R5	Roca muy dura
EG-16	Calizas	105.00	112.18	R5	Roca muy dura
EG-17	Calizas	148.00	153.95	R5	Roca muy dura
EG-18	Calizas	93.00	102.35	R5	Roca muy dura
EG-19	Calizas	110.00	115.59	R5	Roca muy dura

Nota: Elaboración propia

Así mismo, se realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos de los ensayos con martillo de Schmidt y carga puntual, obteniendo un diagrama de distribución de frecuencias para ambos casos, tal como se muestra en la Figura 42 y Figura 43.

Figura 42

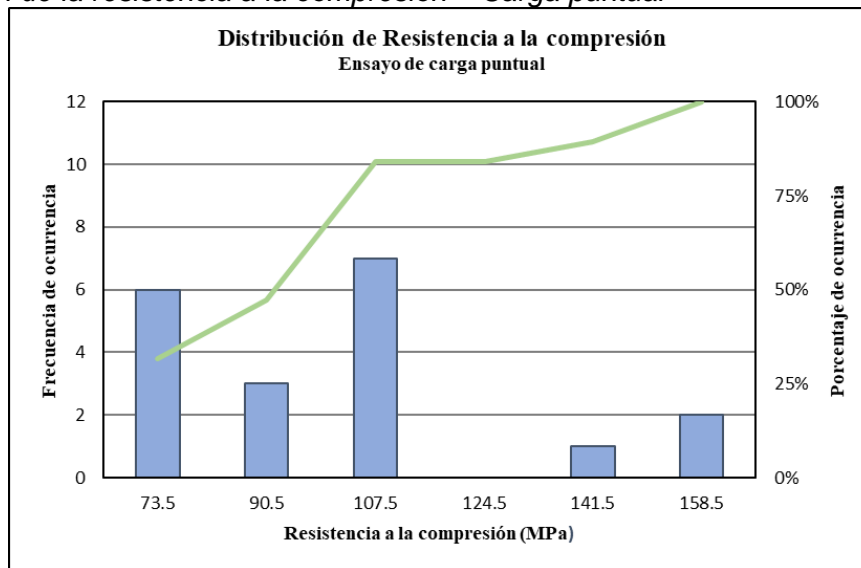
Distribución de la resistencia a la compresión – Martillo de Schmidt



Nota: Elaboración propia

Figura 43

Distribución de la resistencia a la compresión – Carga puntual



Nota: Elaboración propia

De acuerdo con lo analizado, para el caso del ensayo con el martillo de Schmidt, el valor promedio de la resistencia a la compresión de la roca intacta es de 94.7 MPa, en un rango que varía entre 82.1 MPa – 107.3 MPa para un intervalo de confianza del 95%.

Para el caso del ensayo de carga puntual, el valor promedio de la resistencia a la compresión de la roca intacta mediante el ensayo de carga puntual es de 100.7 MPa, en un rango que varía entre 87.2 MPa – 114.2 MPa para un intervalo de confianza del 95%.

Por tanto, de acuerdo con los resultados indicados, la roca caliza de la cantera

Yanamachay presenta una resistencia a la compresión de la roca intacta promedio de 97.7 MPa, y según la clasificación ISRM (1981) corresponde a una roca dura.

4.3 Clasificación geomecánica de la masa rocosa

La clasificación geomecánica de la masa rocosa se realizó aplicando el criterio de Bieniawski (1989), se valoraron los siguientes parámetros: Resistencia a la compresión simple de la roca intacta, RQD, espaciamiento de las discontinuidades, condiciones de las discontinuidades y condiciones de agua subterránea, para obtener el RMR básico; adicionalmente, si se le suma el factor de corrección por orientación de las discontinuidades se obtiene el RMR ajustado. Así mismo, se utilizó el GSI (Hoek y Marinos, 2000) para estimar las propiedades de resistencia de la masa rocosa.

En la Tabla 27, se presenta el resumen de los resultados obtenidos de las clasificaciones geomecánicas RMR y GSI.

Tabla 27
Clasificación geomecánica RMR y GSI

Estación geomecánica	RMR89	GSI	Calidad del macizo rocoso según RMR89
EG-01	54	49	Media
EG-02	39	34	Mala
EG-03	47	42	Media
EG-04	59	54	Media
EG-05	58	53	Media
EG-06	49	44	Media
EG-07	53	48	Media
EG-08	54	49	Media
EG-09	48	43	Media
EG-10	48	43	Media
EG-11	46	41	Media
EG-12	41	36	Media
EG-13	40	35	Mala
EG-14	44	39	Media
EG-15	61	56	Buena
EG-16	61	56	Buena
EG-17	59	54	Media
EG-18	41	36	Media
EG-19	52	47	Media

Nota: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados, el macizo rocoso presenta un RMR89 que varía entre 39 a 61, calificando como roca de calidad Mala a Buena.

De manera similar, en la Tabla 28 se presentan los resultados de la clasificación geomecánica para taludes rocosos denominada SMR, propuesto por Romana (1985) y descrito en ítem 2.2.3.

Tabla 28
Clasificación geomecánica SMR

Estación geomecánica	SMR	Estabilidad	Roturas
EG-01	34	Inestable	Juntas o grandes cuñas
EG-02	32	Inestable	Juntas o grandes cuñas
EG-03	43	Parcialmente estable	Algunas juntas o muchas cuñas
EG-04	19	Inestable	Juntas o grandes cuñas
EG-05	34	Inestable	Juntas o grandes cuñas
EG-06	44	Parcialmente estable	Algunas juntas o muchas cuñas
EG-07	46	Parcialmente estable	Algunas juntas o muchas cuñas
EG-08	47	Parcialmente estable	Algunas juntas o muchas cuñas
EG-09	40	Inestable	Juntas o grandes cuñas
EG-10	6	Totalmente inestable	Grandes roturas
EG-11	18	Totalmente inestable	Grandes roturas
EG-12	6	Totalmente inestable	Grandes roturas
EG-13	36	Inestable	Juntas o grandes cuñas
EG-14	39	Inestable	Juntas o grandes cuñas
EG-15	22	Inestable	Juntas o grandes cuñas
EG-16	55	Parcialmente estable	Algunas juntas o muchas cuñas
EG-17	16	Totalmente inestable	Grandes roturas
EG-18	33	Inestable	Juntas o grandes cuñas
EG-19	45	Parcialmente estable	Algunas juntas o muchas cuñas

Nota: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados, los taludes rocosos son totalmente inestables a parcialmente estables, por tanto, es necesario realizar el análisis estereográfico en cada estación geomecánica, así como el análisis cinemático, para determinar el tipo de rotura generada y con los resultados realizar medidas correctivas.

Los formatos de la Clasificación RMR y SMR obtenida de las estaciones geomecánicas realizadas, se presentan en el Anexo 3.

4.4 Zonificación geomecánica de la masa rocosa

Para realizar el modelo geomecánico de la cantera, es necesario que la masa rocosa en estudio esté dividida en áreas de características estructurales y mecánicas similares u homogéneas.

Para zonificar geomecánicamente a la masa rocosa, es necesario tomar en consideración la información disponible, concerniente con los aspectos litológicos, estructurales y la calidad del macizo rocoso, determinada mediante los diversos criterios de clasificación geomecánica. La combinación de toda la información conducirá a delimitar estos dominios.

Para el área de estudio, de acuerdo con las características de las unidades litológicas identificadas (ítem 3.2.1), y los resultados de la clasificación geomecánica de la masa rocosa (ítem 4.3), se establece que la zonificación está asociada al grado de fracturamiento rocoso expuesto en los bancos de la cantera Yanamachay, es decir, las Unidades 1, 2, 3, 4, 5 y 6 correspondientes a la Formación Chambará, descritas en el ítem 3.2.4 serán las zonas geomecánicas o dominios estructurales.

Con base a lo expuesto, en la Tabla 29 se presenta un resumen de las zonas geomecánicas y la calidad del macizo rocoso.

Tabla 29
Zonificación geomecánica de la masa rocosa

Zona Geomecánica	Tipo de roca	RMR89	Clase	Calidad
Zona 1	Calizas	41	III-IV	Mala a Regular
Zona 2	Calizas	52	III	Regular
Zona 3	Calizas	50	III	Regular
Zona 4	Calizas	43	III-IV	Mala a Regular
Zona 5	Calizas	55	III-II	Regular a Buena
Zona 6	Calizas	60	III-II	Regular a Buena

Nota: Elaboración propia

4.5 Propiedades físico-mecánicas de las zonas geomecánicas

4.5.1 Resistencia de la roca intacta

Se determinaron los valores representativos de resistencia de la roca intacta para

cada zona geomecánica, obtenidos mediante los ensayos de carga puntual y el martillo de Schmidt. El resumen de los resultados se presenta en la Tabla 30.

Tabla 30
Resistencia de la roca intacta para cada zona geomecánica

Zona Geomecánica	Resistencia a la compresión simple (MPa)		Valor promedio (MPa)	Clase	Descripción
	Martillo de Schmidt	Carga puntual			
Zona 1	93.0	102.3	97.7	R4	Roca dura
Zona 2	110.0	115.6	112.8	R5	Roca muy dura
Zona 3	86.1	88.6	87.4	R4	Roca dura
Zona 4	67.5	74.7	71.1	R4	Roca dura
Zona 5	128.3	140.7	134.5	R5	Roca muy dura
Zona 6	126.5	133.1	129.8	R5	Roca muy dura

Nota: Elaboración propia

4.5.2 Resistencia de las discontinuidades

Desde el enfoque de la estabilidad de taludes, se deben conocer los parámetros de resistencia al corte de las discontinuidades, pues las discontinuidades constituyen superficies de debilidad de la masa rocosa y, por tanto, pueden conformar planos potenciales de falla y de inestabilidad.

La resistencia al corte de las discontinuidades está regida por los parámetros de fricción y cohesión del criterio de falla Mohr-Coulomb. Estos parámetros de corte fueron determinados aplicando los siguientes procedimientos:

- Se realizó la prueba del martillo de Schmidt en los planos de las discontinuidades principales, para estimar el JCS (Resistencia a la compresión simple de la junta o discontinuidad), cuyos resultados se encuentran en la Tabla 19.
- Se estimó el ángulo de fricción residual de las discontinuidades, aplicando la Ecuación 20 (Barton y Choubey, 1977):

$$\phi_r = (\phi_b - 20) + 20 \times (r / R) \quad (20)$$

Donde:

r es el rebote del martillo en la superficie meteorizada.

R es el rebote del martillo en la superficie sana.

Los valores ϕ_r obtenidos se indican en la Tabla 31.

Tabla 31
Ángulo de fricción residual de la discontinuidad (ϕ_r)

Zona Geomecánica	Discontinuidad (Buzamiento/Dirección de buzamiento)	Ángulo de fricción básico (ϕ_b)	R	R	Ángulo de fricción residual (ϕ_r)
Zona 1	78°/80°	23.00	30.00	42.33	17.17
	47°/142°	23.00	36.30	42.33	20.15
	79°/23°	23.00	35.20	42.33	19.63
Zona 2	78°/76°	28.50	36.30	45.36	24.51
	60°/147°	28.50	41.50	45.36	26.80
	75°/321°	28.50	37.30	45.36	24.95
Zona 3	79°/82°	28.00	22.80	40.48	19.26
	74°/169°	28.00	30.00	40.48	22.82
	31°/281°	28.00	36.30	40.48	25.93
	56°/140°	28.00	27.20	40.48	21.44
Zona 4	79°/80°	25.00	14.60	35.51	13.22
	81°/151°	25.00	18.70	35.51	15.53
	11°/156°	25.00	25.20	35.51	19.19
	75°/283°	25.00	22.80	35.51	17.84
Zona 5	60°/158°	30.00	35.30	48.06	24.69
	41°/80°	30.00	40.50	48.06	26.85
	82°/143°	30.00	39.40	48.06	26.4
	31°/265°	30.00	27.20	48.06	21.32
Zona 6	82°/264°	33.00	40.50	47.90	29.91
	25°/276°	33.00	38.40	47.90	29.03
	66°/179°	33.00	30.00	47.90	25.53
	63°/248°	33.00	30.00	47.90	25.53

Nota: Elaboración propia

- Se estimó el parámetro de rugosidad de la discontinuidad (JRC), utilizando el peine de Barton.
- Finalmente, para la estimación de los parámetros de resistencia al corte de las discontinuidades (ángulo de fricción y cohesión), se utilizó el programa ROCDATA V.5.0, que incorpora el criterio de Barton y Choubey, ingresando los valores de entrada JCS, ϕ_r y JRC, cuyos resultados se presentan en la Tabla 32.

Tabla 32*Parámetros de resistencia al corte en discontinuidades*

Zona Geomecánica	Discontinuidad (Buzamiento/Dirección de buzamiento)	Cohesión C (MPa)	Ángulo de fricción ϕ (°)
Zona 1	78°/80°	0.011	33.85
	47°/142°	0.013	37.74
	79°/23°	0.012	37.09
Zona 2	78°/76°	0.015	41.92
	60°/147°	0.018	45.05
	75°/321°	0.016	42.80
Zona 3	79°/82°	0.011	34.67
	74°/169°	0.014	39.28
	31°/281°	0.016	43.29
	56°/140°	0.013	37.45
Zona 4	79°/80°	0.009	27.63
	81°/151°	0.009	30.23
	11°/156°	0.011	34.96
	75°/283°	0.011	33.31
Zona 5	60°/158°	0.015	41.95
	41°/80°	0.018	44.91
	82°/143°	0.017	44.36
	31°/265°	0.012	37.33
Zona 6	82°/264°	0.021	47.84
	25°/276°	0.019	46.80
	66°/179°	0.015	41.88
	63°/248°	0.015	41.88

Nota: Elaboración propia

Las salidas gráficas del programa ROCDATA para la obtención de los parámetros de resistencia de las discontinuidades se presentan en el Anexo 5.

4.5.3 Parámetros de resistencia de la masa rocosa

Para estimar los parámetros de resistencia de la masa rocosa, se utilizó el criterio de falla de Hoek y Brown (2002), que está implementado en el programa ROCLAB V.1.031.

Los parámetros de entrada utilizados son los siguientes: GSI, resistencia a la compresión simple de la roca intacta (UCS) y la constante adimensional de la roca intacta "mi". Cabe indicar que el valor de GSI fue obtenido mediante la relación propuesta por Hoek-Kaiser-Bawden (1995) mostrada en la Ecuación 21:

$$\text{Si } RMR_{89} > 23, GSI = RMR_{89} - 5 \quad (21)$$

En la Tabla 33 se presenta el resumen de los parámetros de resistencia de la masa rocosa obtenidos para la superficie de la cantera, de acuerdo con la zonificación geomecánica realizada.

Tabla 33
Parámetros de resistencia de la masa rocosa

Parámetro	Zonificación de la cantera					
	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6
RMR89	41	52	50	44	55	60
GSI	36	47	45	39	50	55
UCS (MPa)	97.7	112.8	87.4	71.1	134.5	129.8
Mi	8	8	8	8	8	8
Mb	0.238	0.435	0.390	0.280	0.513	0.675
S	0.0001	0.0005	0.0003	0.0001	0.0007	0.0015
Resistencia de la compresión						
uniaxial de la masa rocosa (MPa)	0.824	2.295	1.523	0.768	3.445	4.849
Resistencia a la tracción de la masa rocosa (MPa)						
	-0.039	-0.120	-0.077	-0.037	-0.187	-0.283
Cohesión de la masa rocosa (MPa)						
	0.137	0.325	0.226	0.131	0.479	0.684
Ángulo de fricción de la masa rocosa (°)						
	52.11	56.01	54.47	51.47	57.07	57.30
Módulo de deformación de la masa rocosa (GPa)						
	2.870	5.469	4.557	2.910	6.500	8.668

Nota: Elaboración propia

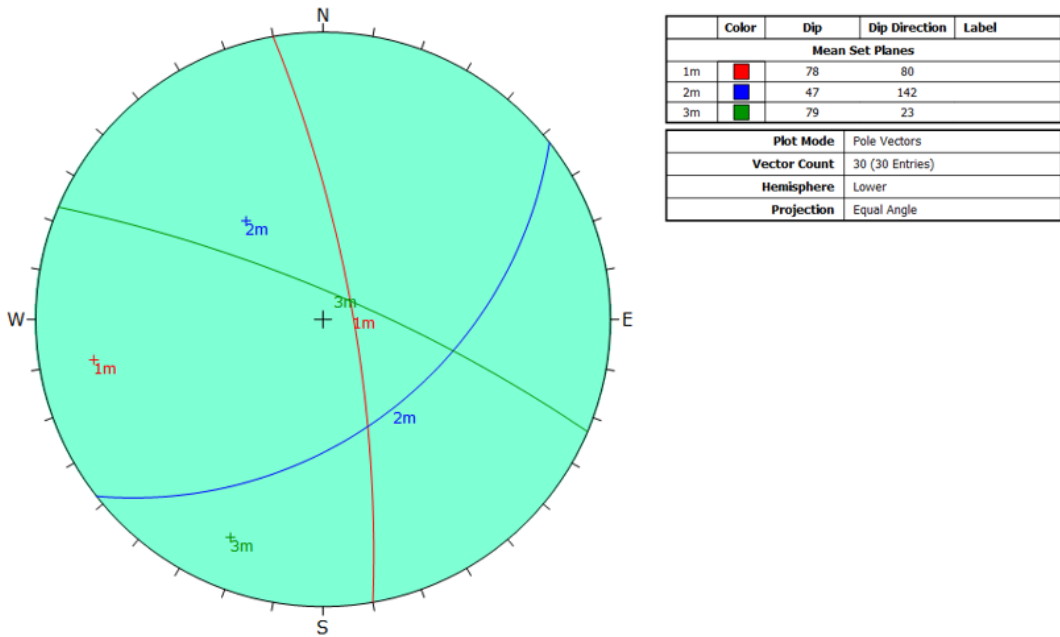
4.6 Análisis estereográfico

Mediante el programa DIPS V. 6.008 elaborado por Rocscience (2013), se realizó el análisis estadístico de las discontinuidades del macizo rocoso para cada estación geomecánica, utilizando la metodología de la proyección estereográfica, y así obtener la orientación y buzamiento de las principales familias de discontinuidades. El análisis estereográfico para cada estación geomecánica se encuentra en el Anexo 6.

Así mismo, se ha realizado el análisis estereográfico para cada zona geomecánica,

y son presentadas en las figuras siguientes.

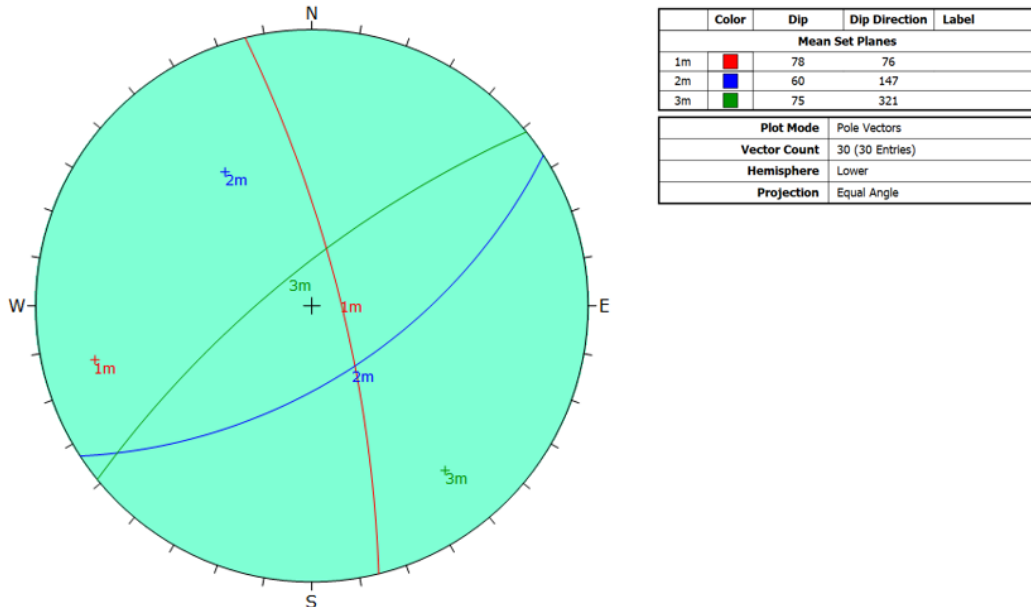
Figura 44
Proyección estereográfica representativa – Zona geomecánica 1



Nota: Elaboración propia

El análisis estereográfico de la Zona geomecánica 1, se realizó con los datos obtenidos de la EG-18.

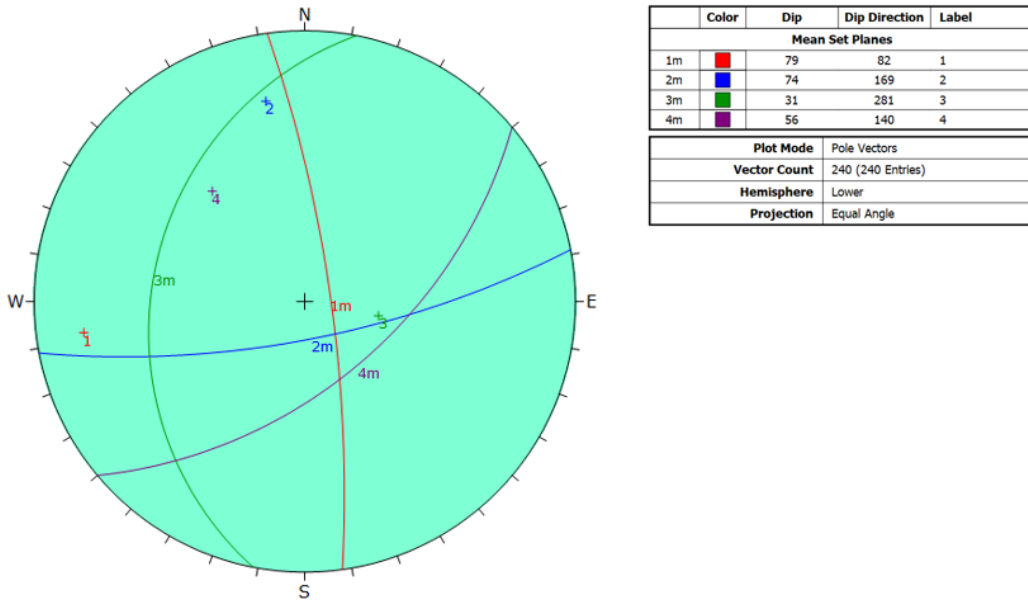
Figura 45
Proyección estereográfica representativa – Zona geomecánica 2



Nota: Elaboración propia

El análisis estereográfico de la Zona geomecánica 2, se realizó con los datos obtenidos de la EG-19.

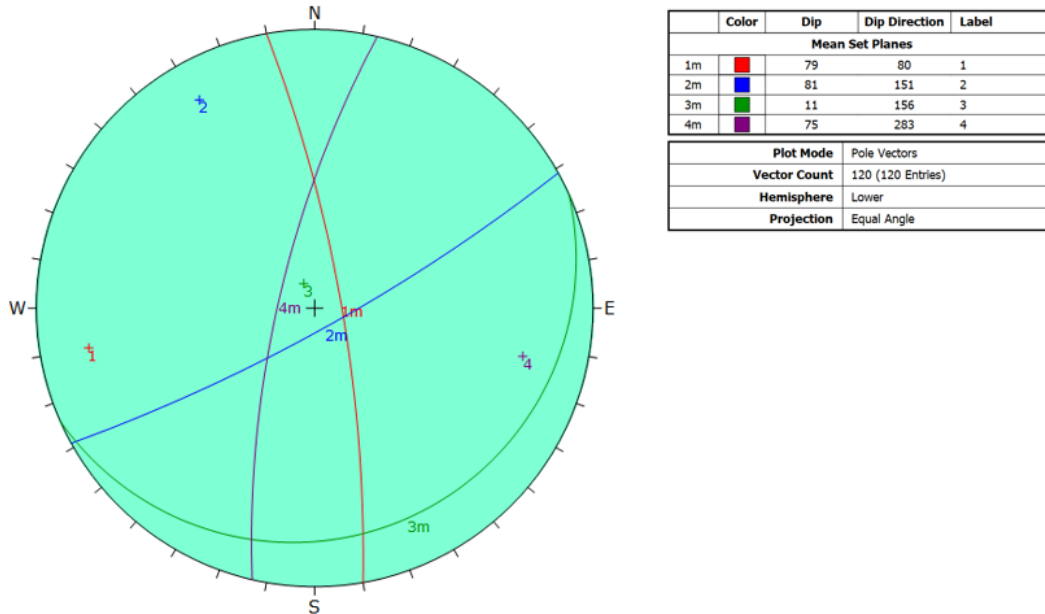
Figura 46
 Proyección estereográfica representativa – Zona geomecánica 3



Nota: Elaboración propia

El análisis estereográfico de la Zona geomecánica 3, se realizó con los datos obtenidos de la EG-01, EG-02, EG-05, EG-06, EG-07, EG-08, EG-09 y EG-10.

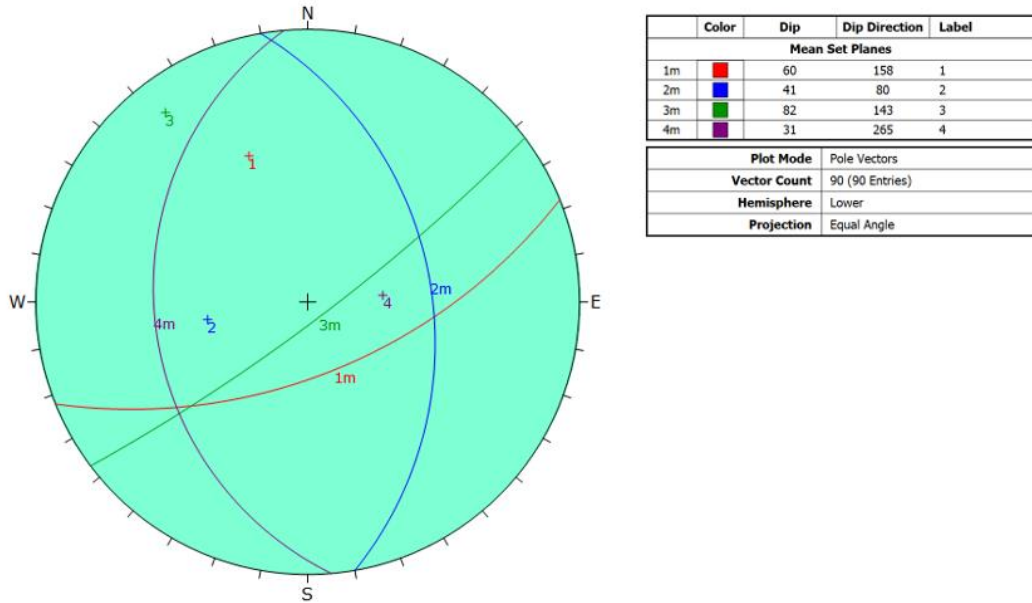
Figura 47
 Proyección estereográfica representativa – Zona geomecánica 4



Nota: Elaboración propia

El análisis estereográfico de la Zona geomecánica 4, se realizó con base a los datos obtenidos de la EG-03, EG-11, EG-12 y EG-13.

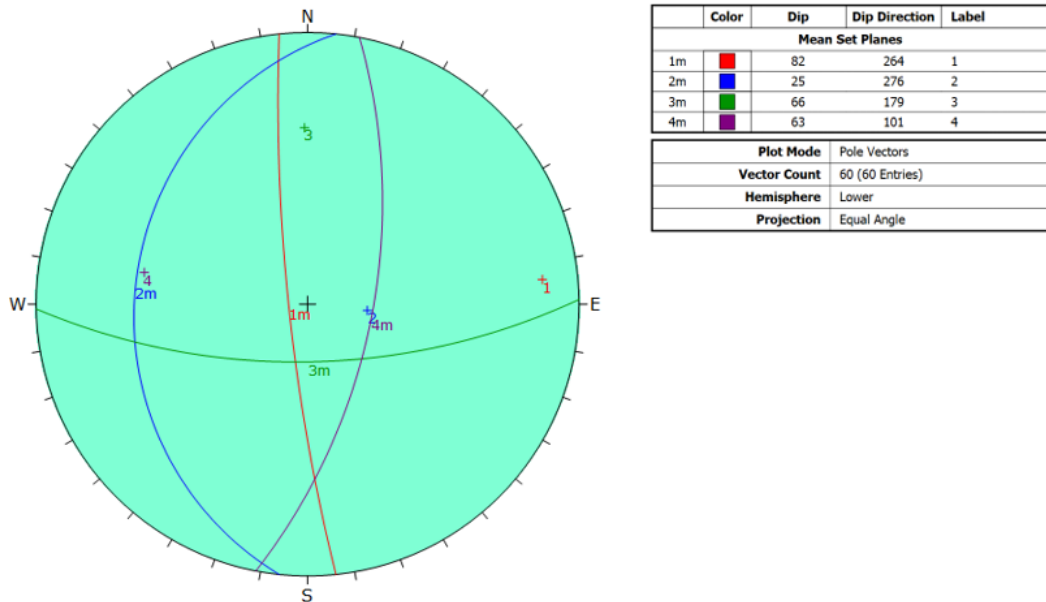
Figura 48
 Proyección estereográfica representativa – Zona geomecánica 5



Nota: Elaboración propia

El análisis estereográfico de la Zona geomecánica 5, se realizó con base a los datos obtenidos de la EG-04, EG-14 y EG-15.

Figura 49
 Proyección estereográfica representativa – Zona geomecánica 6



Nota: Elaboración propia

El análisis estereográfico de la Zona geomecánica 6, se realizó con base a los datos obtenidos de la EG-16 y EG-17.

Los resultados del análisis estereográfico servirán de input para realizar el análisis

cinemático de la cantera y determinar los modos de falla predominantes, y así recomendar el tipo de sostenimiento adecuado que garantice la estabilidad de los taludes de la cantera y el futuro campamento minero.

4.7 Grado de fracturamiento y RQD

El grado de fracturamiento de las discontinuidades se obtuvo tomando como referencia la Tabla 34, que relaciona el espaciamiento de fracturas y el grado de fracturamiento.

Tabla 34
Grado de fracturamiento de la roca

Espaciamiento entre fracturas (m)	Grado de Fracturamiento
> 2.00	Masivo
0.60 – 2.00	Poco fracturado
0.20 – 0.60	Fracturado
0.06 – 0.20	Muy fracturado
< 0.06	Triturado

Nota: Modificado de ISRM (1981)

Para la clasificación se consideró el espaciamiento promedio entre fracturas de las familias de discontinuidades identificadas para cada estación geomecánica, obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 35.

Tabla 35
Grado de fracturamiento de la roca

Estación Geomecánica	Espaciamiento entre fracturas (m)	Grado de Fracturamiento
EG-01	0.06 – 0.20	Muy fracturado
EG-02	< 0.06	Triturado
EG-03	0.20 – 0.60	Fracturado
EG-04	0.20 – 0.60	Fracturado
EG-05	0.20 – 0.60	Fracturado
EG-06	0.20 – 0.60	Fracturado
EG-07	0.20 – 0.60	Fracturado
EG-08	0.20 – 0.60	Fracturado
EG-09	0.06 – 0.20	Muy fracturado
EG-10	< 0.06	Triturado
EG-11	0.06 – 0.20	Muy fracturado
EG-12	0.20 – 0.60	Fracturado
EG-13	0.20 – 0.60	Fracturado
EG-14	0.20 – 0.60	Fracturado
EG-15	0.20 – 0.60	Fracturado
EG-16	0.20 – 0.60	Fracturado
EG-17	0.20 – 0.60	Fracturado
EG-18	0.06 – 0.20	Muy fracturado
EG-19	0.06 – 0.20	Muy fracturado

Nota: Elaboración propia

Por tanto, se infiere que el grado de fracturamiento de los macizos rocosos en la zona de la cantera varía de triturados a fracturados.

De igual manera, se estimó el grado de fracturamiento para cada zona

geomecánica, y sus resultados son mostrados en la Tabla 36.

Tabla 36

Grado de fracturamiento de las zonas geomecánicas

Zona Geomecánica	Espaciamiento entre fracturas (m)	Grado de Fracturamiento
Zona-1	0.06 – 0.20	Muy fracturado
Zona-2	0.06 – 0.20	Muy fracturado
Zona-3	0.06 – 0.20	Muy fracturado
Zona-4	0.20 – 0.60	Fracturado
Zona-5	0.20 – 0.60	Fracturado
Zona-6	0.20 – 0.60	Fracturado

Nota: Elaboración propia

Así mismo, para la obtención del RQD, se utilizó la metodología de Palmström (2005), que correlaciona empíricamente el número de fracturas por metro cúbico en el macizo rocoso (Ecuación 22):

$$RQD = 110 - 2.5 \times J_V \quad (22)$$

Dónde:

J_V = Número de fracturas/m³ de roca

RQD = 100% cuando $J_V \leq 4$ y RQD = 0% cuando $J_V > 44$

Finalmente, se halló el J_V para cada estación geomecánica realizada, obteniendo los siguientes resultados (Ver Tabla 37).

Tabla 37

J_V y RQD para cada estación geomecánica

Estación Geomecánica	JV	RQD (%)	Calidad
EG-01	25	48	Mala
EG-02	35	23	Muy mala
EG-03	28	40	Regular
EG-04	18	65	Regular
EG-05	20	60	Regular
EG-06	25	48	Mala
EG-07	18	65	Regular
EG-08	22	55	Regular
EG-09	32	30	Mala
EG-10	33	28	Mala
EG-11	26	45	Mala
EG-12	35	23	Muy mala
EG-13	36	20	Muy mala
EG-14	32	30	Mala
EG-15	16	70	Regular
EG-16	17	68	Regular
EG-17	16	70	Regular
EG-18	36	20	Muy mala
EG-19	25	48	Mala

Nota: Elaboración propia

De acuerdo con la clasificación RQD, los taludes rocosos en la zona de la cantera

varían de calidad Muy mala a Regular. De igual manera, se estimó el RQD promedio para cada Zona geomecánica, y sus resultados son mostrados en la Tabla 38.

Tabla 38
RQD para cada zona geomecánica

Zona Geomecánica	RQD (%)	Calidad
Zona 1	20	Muy mala
Zona 2	48	Mala
Zona 3	45	Mala
Zona 4	32	Mala
Zona 5	55	Regular
Zona 6	69	Regular

Nota: Elaboración propia

De los resultados se concluye que la Zona 1 presenta una calidad Muy mala, las Zonas 2, 3 y 4 una calidad Mala, y las Zonas 5 y 6 presentan una calidad Regular.

4.8 Sismicidad

Se realizó la zonificación sísmica del área del proyecto con base a la Norma Técnica E.030, Diseño Sismorresistente (2018) para un período de retorno (Tr) de 475 años.

La Norma Técnica E.030 menciona que el territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas de comportamiento sísmico tal como se muestra en la Figura 50.

Figura 50
Zonas sísmicas del territorio nacional



Nota: Norma Técnica E.030 (2018)

La zonificación está realizada con base a la distribución espacial de los sismos observados, sus características, la atenuación de éstos con la distancia epicentral y el análisis del marco neotectónico (Norma técnica E.030, 2018).

En la Figura 50 se presentan los valores de aceleración máxima horizontal con una probabilidad de 10% de ser excedido en 50 años (factor “z”), expresado como una fracción de la aceleración de la gravedad. Este valor varía de $z = 0.10$ para la zona 1, hasta $z = 0.45$ para la zona 4.

Por tanto, el área del proyecto se encuentra ubicada en la zona 2, correspondiéndole un valor de $z = 0.25g$.

4.9 Análisis cinemático de los taludes existentes

El análisis cinemático permite determinar los potenciales mecanismos de rotura generados (ver ítem 2.2.5), para ello, es necesario considerar los siguientes parámetros:

- Dirección de buzamiento y buzamiento del talud de corte.
- Dirección de buzamiento y buzamiento de las discontinuidades.
- Ángulo de fricción interna del macizo rocoso.

Mediante el programa de cómputo DIPS V.6.0 de ROCSCIENCE se realiza el análisis interactivo con los datos de las estructuras geológicas del macizo rocoso y su proyección estereográfica. Permite visualizar los datos con agrupamientos estadísticos de las principales familias de discontinuidades.

4.9.1 Resultados

Se realizó el análisis cinemático para cada Zona geomecánica y su procesamiento se presenta en el Anexo 7. La Tabla 39 muestra el resumen de resultados de los tipos de rotura generados para cada Dominio o Zona geomecánica identificada.

Tabla 39*Resumen del análisis cinemático en las zonas geomecánicas*

Zona Geomecánica	Familias identificadas (Dip / Dip dir.)	Falla Planar	Falla por cuña	Falla en vuelco
Zona 1	1. 78° / 80° 2. 47° / 142° 3. 79° / 23°	--	1-2 2-3	--
Zona 2	1. 78° / 76° 2. 60° / 147° 3. 75° / 321°	--	1-2	--
Zona 3	1. 79° / 82° 2. 74° / 169° 3. 31° / 281° 4. 56° / 140°	2	1-4	--
Zona 4	1. 79° / 80° 2. 81° / 151° 3. 11° / 156° 4. 75° / 283°	2	2-4	--
Zona 5	1. 60° / 158° 2. 41° / 80° 3. 82° / 143° 4. 31° / 265°	1	1-3	--
Zona 6	1. 82° / 264° 2. 25° / 276° 3. 66° / 179° 4. 63° / 101°	3	1-3 3-4	--

Nota: Elaboración propia

Los resultados indican que, con un talud de banco con orientación (Dip / Dip direction) de 76° / 175°, se forman fallas planares en las Zonas geomecánicas 3, 4, 5 y 6; y fallas en cuña en todas las Zonas geomecánicas, por tanto, se deben analizar y recomendar una inclinación de talud óptima que disminuya la generación de los mecanismos de falla, y medidas de sostenimiento de ser el caso.

4.10 Diseño de taludes propuesto

De acuerdo con el análisis cinemático realizado en las Zonas geomecánicas (ver ítem 4.9.1), se identificaron potenciales Fallas Planares y Fallas en cuña en los taludes rocosos de la Cantera, por lo que, con el objetivo de disminuir y/o eliminar la presencia de estos mecanismos de fallas, es necesario estimar un ángulo de inclinación óptimo de los bancos.

4.10.1 Metodología de análisis

Se iteraron distintos ángulos de inclinación (dip) para los bancos proyectados en el programa de cómputo DIPS v. 6.0, obteniendo un ángulo óptimo igual a 63°, dicho ángulo disminuye de manera considerable la generación de mecanismos de rotura. El análisis

cinemático de las zonas geomecánicas con el nuevo ángulo de inclinación se presenta en el Anexo 7.

4.10.2 Análisis cinemático para el talud óptimo

La Tabla 40 muestra el resumen de los tipos de rotura generados para cada Zona geomecánica identificada, para bancos con talud óptimo igual a 63°.

Tabla 40

Resultados del análisis cinemático en las zonas geomecánicas para el talud óptimo

Zona Geomecánica	Familias identificadas (Dip / Dip dir.)	Falla Planar	Falla por cuña	Falla en vuelco
Zona 1	1. 78° / 80° 2. 47° / 142° 3. 79° / 23°	--	1-2	--
Zona 2	1. 78° / 76° 2. 60° / 147° 3. 75° / 321°	--	--	--
Zona 3	1. 79° / 82° 2. 74° / 169° 3. 31° / 281° 4. 56° / 140°	--	1-4	--
Zona 4	1. 79° / 80° 2. 81° / 151° 3. 11° / 156° 4. 75° / 283°	--	--	--
Zona 5	1. 60° / 158° 2. 41° / 80° 3. 82° / 143° 4. 31° / 265°	1	1-3	--
Zona 6	1. 82° / 264° 2. 25° / 276° 3. 66° / 179° 4. 63° / 101°	--	--	--

Nota: Elaboración propia

Finalmente, es necesario realizar un análisis de estabilidad de las fallas planares y cuñas generadas en las Zonas geomecánicas 1, 3 y 5, y garantizar que los factores de seguridad de dichas fallas sean mayores a los mínimos permisibles.

4.11 Análisis de estabilidad de la Cantera Yanamachay

El Análisis de la estabilidad de un talud permite determinar un factor de seguridad al deslizamiento, tanto para condiciones estáticas y pseudo-estáticas. El cálculo del factor de seguridad se realizó de acuerdo con las siguientes consideraciones:

- Se realizó el Análisis de estabilidad de las roturas (Planar, Cuña, Vuelco).
- Se realizó el Análisis de estabilidad global del talud, utilizando el método del equilibrio límite para comparar las fuerzas resistentes, con las fuerzas que actúan

a favor del movimiento.

- Las condiciones analizadas serán la estática y pseudo-estática, que se refieren a lo siguiente:

Condición estática:

Se refiere a que el talud sólo estará sometida a la acción de las fuerzas debidas a su peso propio, y a las condiciones de infiltración, las cuales generan condiciones de presión de poros que influyen en la estabilidad.

Condición pseudo-estática:

Es cuando la estructura, además de estar sometida a las fuerzas anteriores, está afectada por la acción de la fuerza horizontal sísmica, que es proporcional al peso de la estructura y a un coeficiente sísmico.

- Para ambas condiciones analizadas, la AASHTO-LRFD 2017 propone factores de seguridad mínimos para considerar un talud estable, los cuales se presentan en la Tabla 41.

Tabla 41

Factores de seguridad mínimos para considerar un talud estable

Tipo de Talud	Factor de seguridad estático	Factor de seguridad pseudo-estático
Taludes permanentes	1.50	1.10

Nota: AASHTO-LRFD 2017

- Para analizar los taludes en condiciones pseudo-estáticas es necesario conocer el valor del coeficiente lateral sísmico. Para esto la U.S. Army Corps of Engineers recomienda utilizar un valor comprendido entre 1/3 a 1/2 del valor de la aceleración horizontal máxima considerada.
- De acuerdo con el ítem 4.8 Sismicidad, se estableció un valor de aceleración horizontal máxima igual a 0.25 g, por lo que, siguiendo la sugerencia de la U.S Army Corps of Engineers, el coeficiente lateral sísmico representa el 50%, resultando 0.125g.

4.11.1 Análisis de estabilidad de roturas en taludes

4.11.1.1 Rotura Planar. El programa de cómputo ROCPLANE V. 2.029 de

ROCSCIENCE permite realizar el análisis de estabilidad determinístico de roturas planares en taludes rocosos, y obtener el Factor de seguridad.

Se realizó el análisis en la Zona geomecánica 5, para la familia de discontinuidad 1 (60° / 158°), adoptando los siguientes parámetros geotécnicos (Ver Tabla 42). Cabe mencionar que, los parámetros geotécnicos de la Familia de discontinuidad fueron extraídos de la Tabla 31.

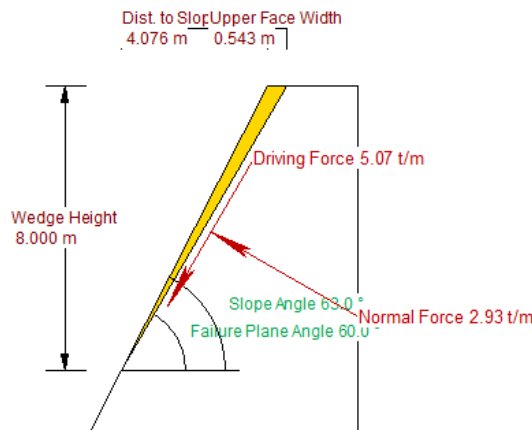
Tabla 42
Parámetros geotécnicos adoptados – Rotura planar

Familia 1 (Buzamiento/Dirección de buzamiento)	Cohesión C (Ton/m ²)	Ángulo de fricción ϕ (°)
60° / 158°	1.53	41.95

Nota: Elaboración propia

Los resultados del análisis en el programa de cómputo ROCPLANE V. 2.029, para condición estática se presenta en la Figura 51, y en condición pseudo-estática en la Figura 52.

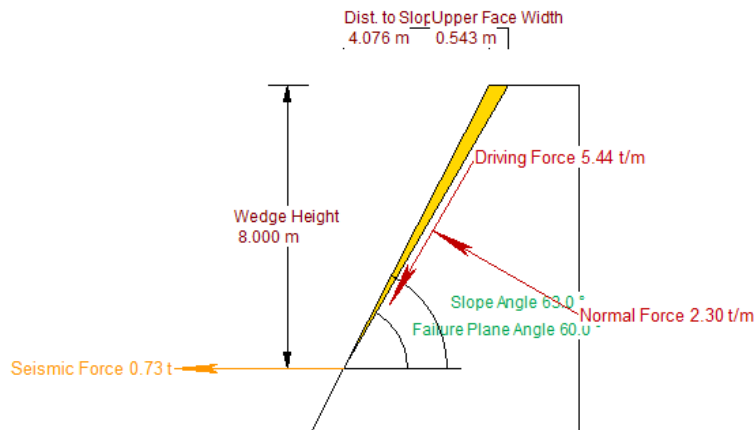
Figura 51
Factor de seguridad estático – Rotura Planar



Factor of Safety	3.30
Driving Force	5.07t/m
Resisting Force	16.77t/m
Wedge Weight	5.86t/m
Wedge Volume	2.17m ³ /m
Shear Strength	16.77t/m ²
Normal Force	2.93t/m
Plane Waviness	0.0°

Nota: Elaboración propia

Figura 52
Factor de seguridad pseudo-estático – Rotura Planar



Factor of Safety	2.98
Driving Force	5.44t/m
Resisting Force	16.20t/m
Wedge Weight	5.86t/m
Wedge Volume	2.17m ³ /m
Shear Strength	16.20t/m ²
Normal Force	2.30t/m
Seismic Force	0.73t
Plane Waviness	0.0°

Nota: Elaboración propia

Con base a los resultados del análisis, se concluye que la rotura planar generada tiene un Factor de seguridad estático igual a 3.304 y Factor de seguridad pseudo-estático igual a 2.980, los cuales son mayores a los permisibles, por tanto, se garantiza la condición estable.

4.11.1.2 Rotura en Cuña. El programa de cómputo SWEDGE V. 4.078 de Rocscience permite determinar el factor de seguridad de la cuña potencialmente generada, en condiciones estáticas y pseudo-estáticas.

Se realizó el análisis en las siguientes Zonas geomecánicas:

- Zona geomecánica 1, para la Familia 1 (78° / 80°) y Familia 2 (47° / 142°).
- Zona geomecánica 3, para la Familia 1 (79° / 82°) y Familia 4 (56° / 140°).
- Zona geomecánica 5, para la Familia 1 (60° / 158°) y Familia 3 (82° / 143°).

Los parámetros geotécnicos adoptados para las Familias de discontinuidades que potencialmente generan rotura en cuña se indican en la Tabla 43.

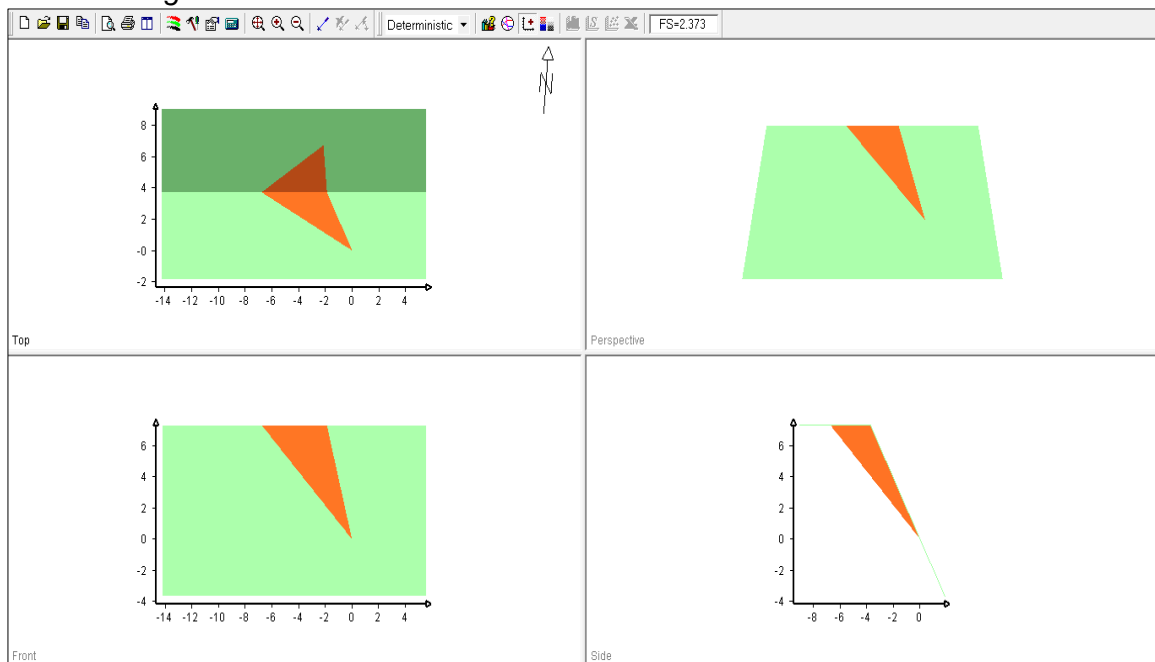
Tabla 43**Parámetros geotécnicos adoptados – Rotura en cuña**

Zona geomecánica	Familia que generan cuña (Buzamiento/Dirección de buzamiento)	Cohesión C (Ton/m ²)	Ángulo de fricción
			ϕ (°)
Zona 1	78° / 80°	1.122	33.85
	47° / 142°	1.326	37.74
Zona 3	79° / 82°	1.122	37.67
	56° / 140°	1.326	37.45
Zona 5	60° / 158°	1.530	37.67
	82° / 143°	1.734	37.45

Nota: Elaboración propia

Los resultados del análisis en el programa de cómputo SWEDGE V. 4.078, se muestran en las Figuras siguientes.

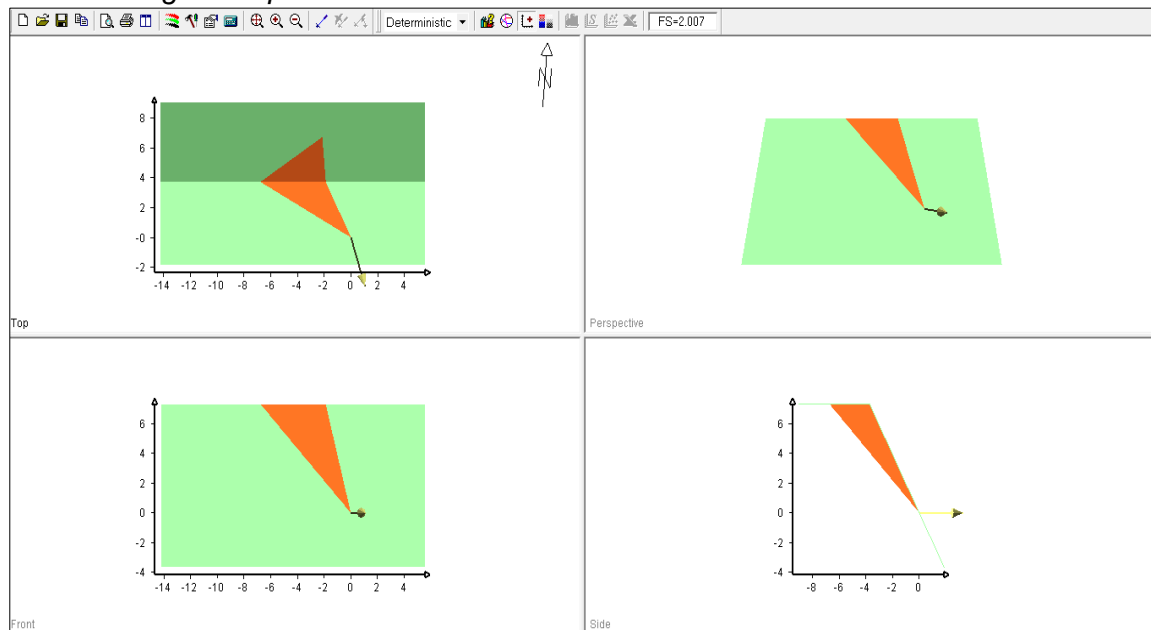
- Zona Geomecánica 1

Figura 53**Factor de seguridad estático Rotura en cuña – Zona 1**

Nota: Elaboración propia

Figura 54

Factor de seguridad pseudo-estático Rotura en cuña – Zona 1



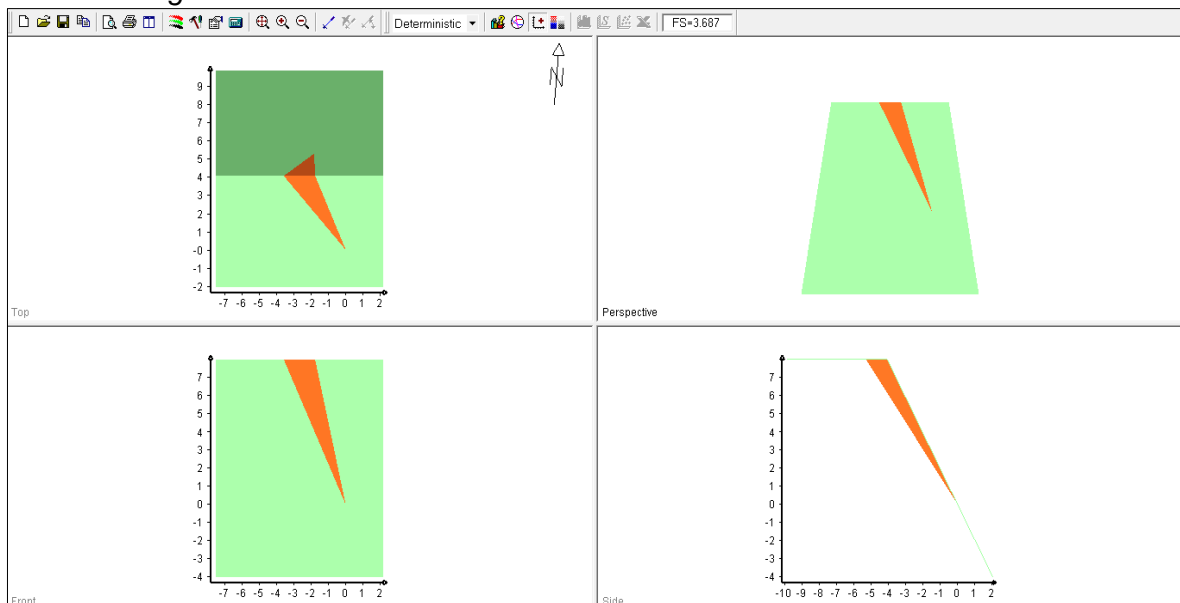
Nota: Elaboración propia

Con base a los resultados del análisis, la rotura en cuña generada tiene un Factor de seguridad estático igual a 2.373 (Ver Figura 53) y Factor de seguridad pseudo-estático igual a 2.007 (Ver Figura 54). Los Factores de seguridad obtenidos son mayores a los permisibles, por tanto, se garantiza la condición estable.

- Zona Geomecánica 3

Figura 55

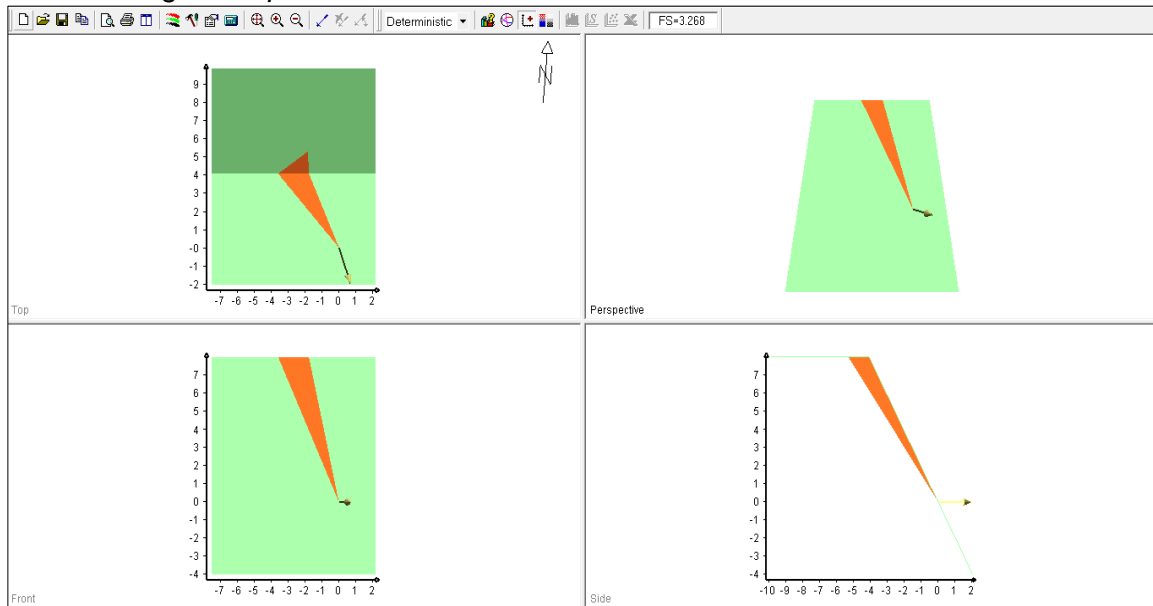
Factor de seguridad estático Rotura en cuña – Zona 3



Nota: Elaboración propia

Figura 56

Factor de seguridad pseudo-estático Rotura en cuña – Zona 3



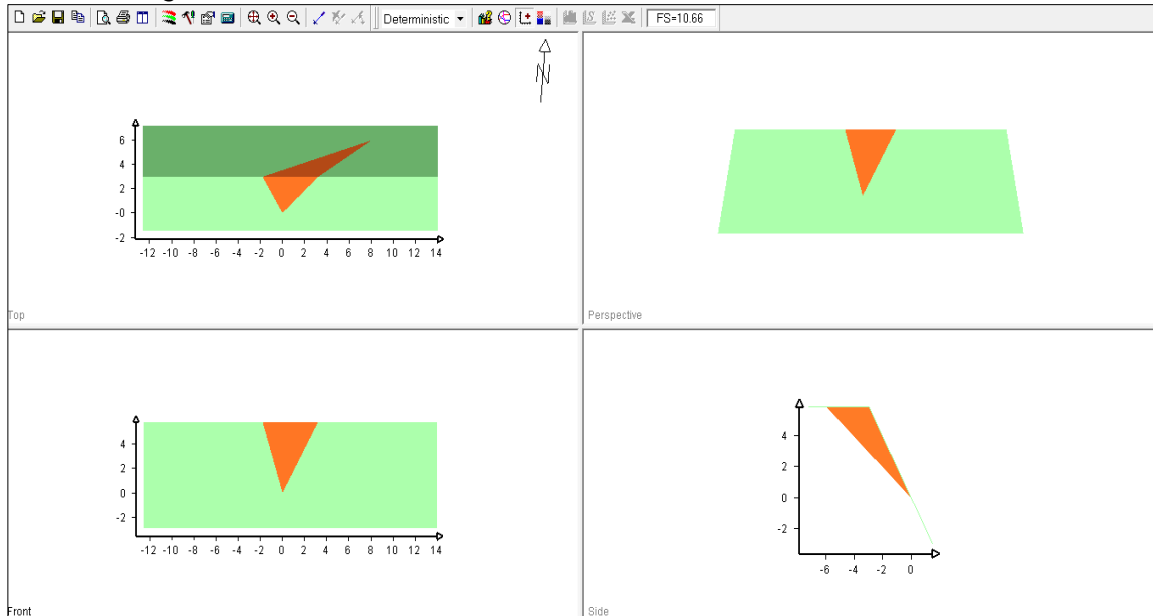
Nota: Elaboración propia

Con base a los resultados del análisis, la rotura en cuña generada tiene un Factor de seguridad estático igual a 3.687 (Ver Figura 55) y Factor de seguridad pseudo-estático igual a 3.268 (Ver Figura 56). Los Factores de seguridad obtenidos son mayores a los permisibles, por tanto, se garantiza la condición estable.

- Zona Geomecánica 5

Figura 57

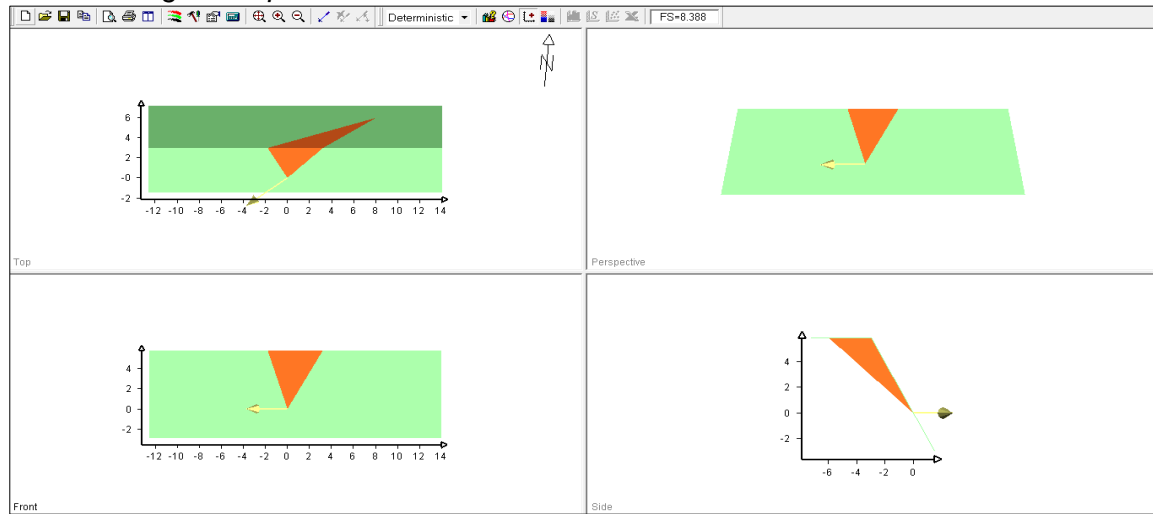
Factor de seguridad estático Rotura en cuña – Zona 5



Nota: Elaboración propia

Figura 58

Factor de seguridad pseudo-estático Rotura en cuña – Zona 5



Nota: Elaboración propia

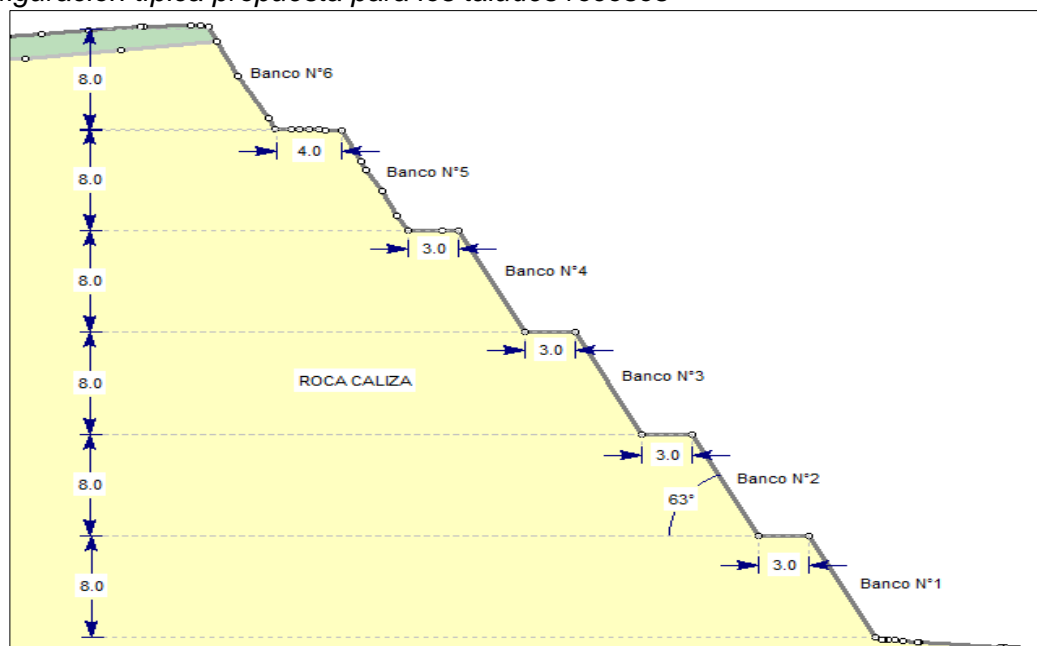
Con base a los resultados del análisis, la rotura en cuña generada tiene un Factor de seguridad estático igual a 10.660 (Ver Figura 57) y Factor de seguridad pseudo-estático igual a 8.388 (Ver Figura 58). Los Factores de seguridad obtenidos son mayores a los permisibles, por tanto, se garantiza la condición estable.

4.11.2 Análisis de estabilidad global

La configuración y dimensionamiento de los taludes de roca de la Cantera Yanamachay, con las recomendaciones propuestas (talud óptimo) muestra la Figura 59.

Figura 59

Configuración típica propuesta para los taludes rocosos



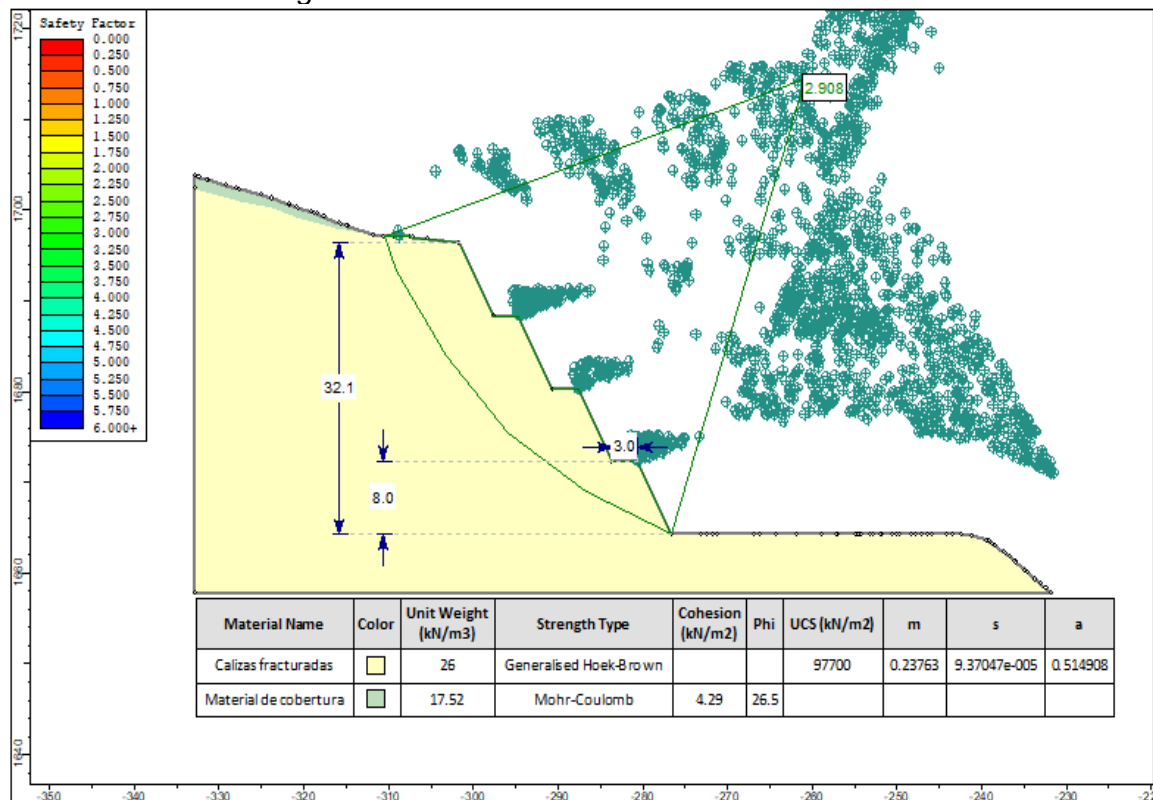
Nota: Elaboración propia

De acuerdo con la Figura 59, la sección típica comprende seis (06) Bancos de roca caliza, con altura de banco (H) igual a 8.00 m y ancho de banco (b) igual a 3.00 m, a excepción del último, que presenta un ancho de banco (b) de 4.00 m. La inclinación óptima de los bancos es de 63°.

Empleando los parámetros de resistencia al corte para cada Zona geomecánica (Ver Tabla 32), se realizó la evaluación de la estabilidad global del talud, utilizando el método de equilibrio límite, implementado en el programa de cómputo SLIDE V.6.0. Los resultados se presentan a continuación y en el Anexo 8.

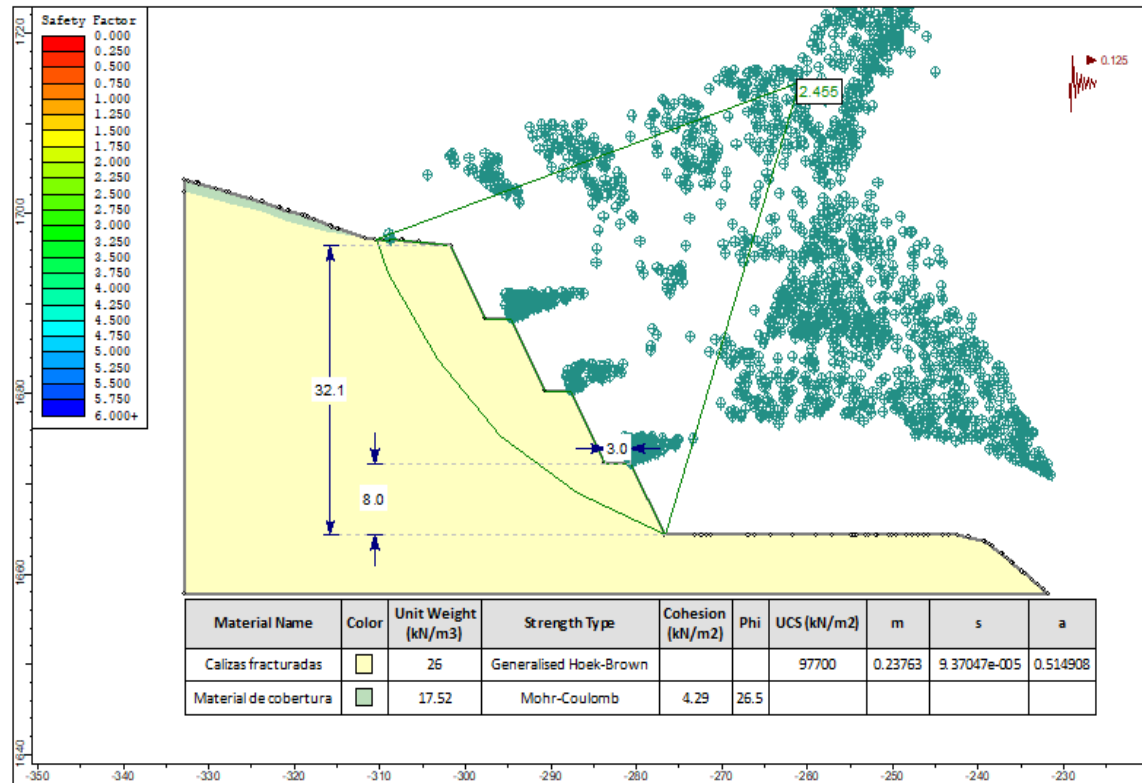
- Zona Geomecánica 1

Figura 60
Análisis de estabilidad global Zona 1 – Condición estática



Nota: Elaboración propia

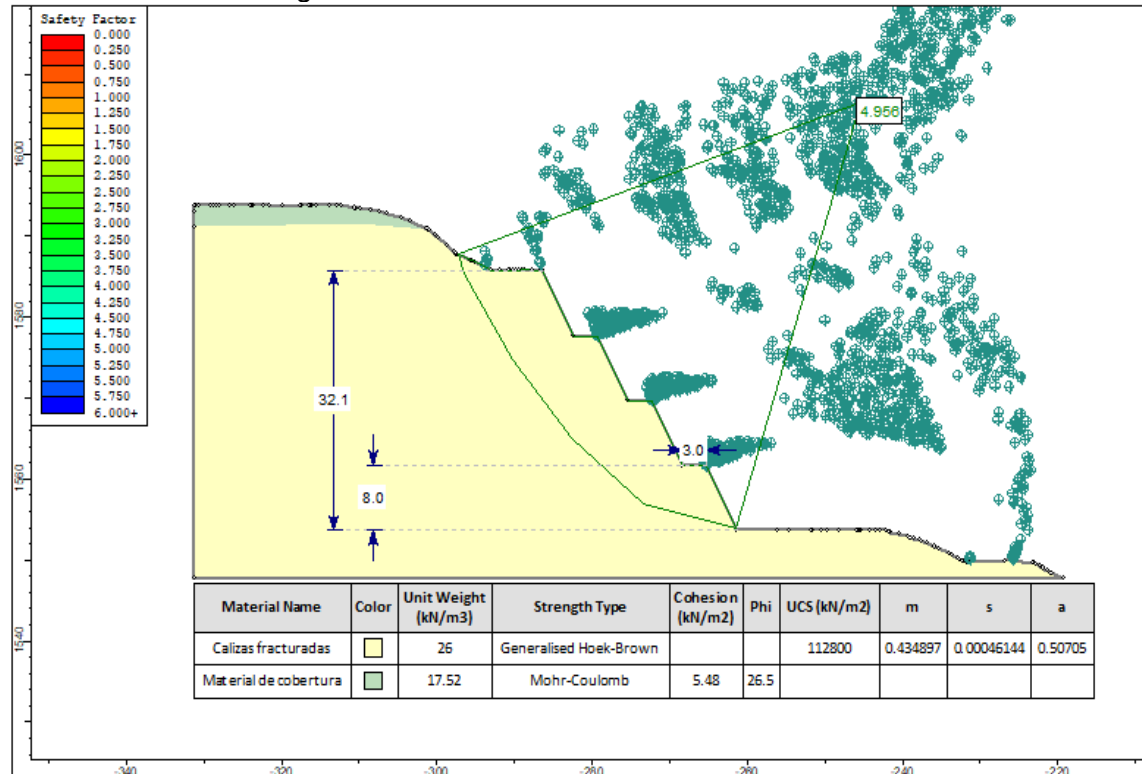
Figura 61
Análisis de estabilidad global Zona 1 – Condición pseudo-estática



Nota: Elaboración propia

- Zona Geomecánica 2

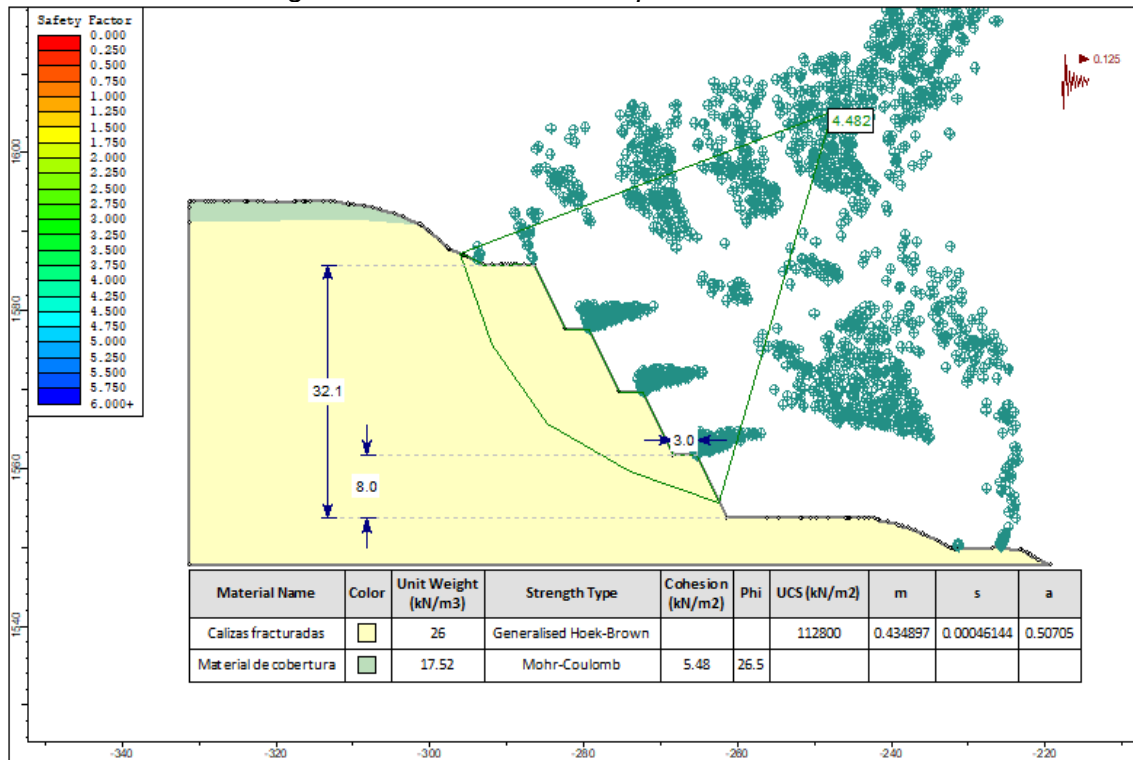
Figura 62
Análisis de estabilidad global Zona 2 – Condición estática



Nota: Elaboración propia

Figura 63

Análisis de estabilidad global Zona 2 – Condición pseudo-estática

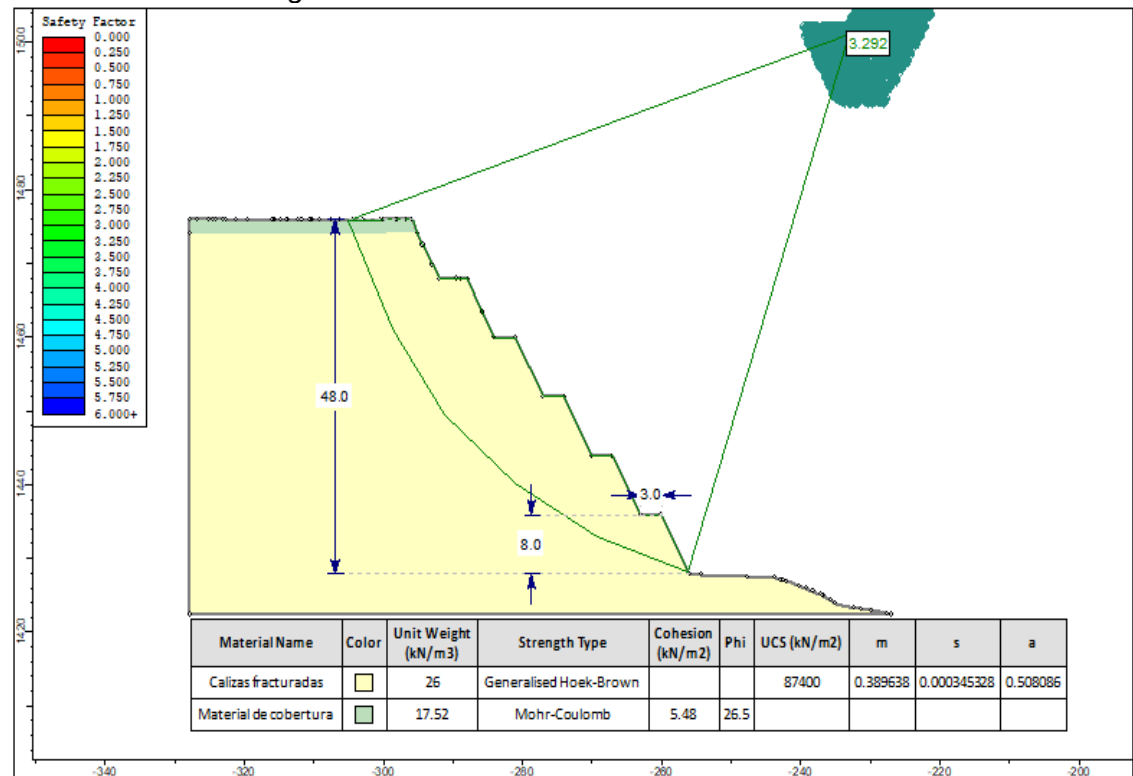


Nota: Elaboración propia

- Zona Geomecánica 3

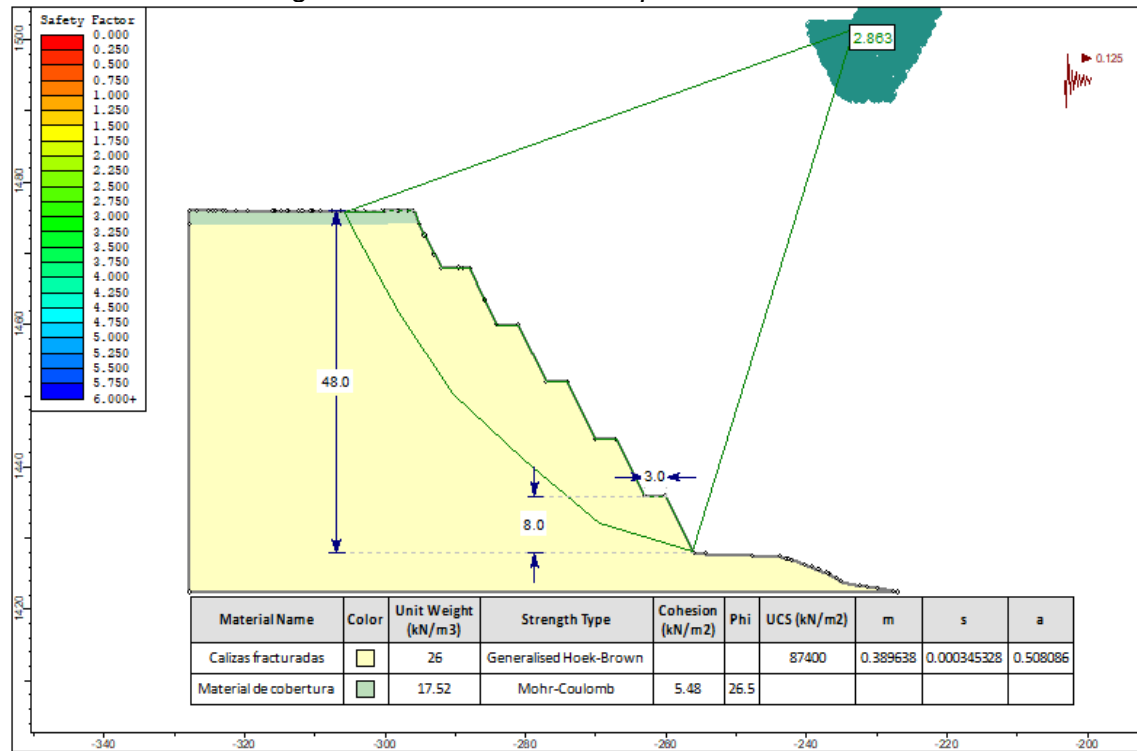
Figura 64

Análisis de estabilidad global Zona 3 – Condición estática



Nota: Elaboración propia

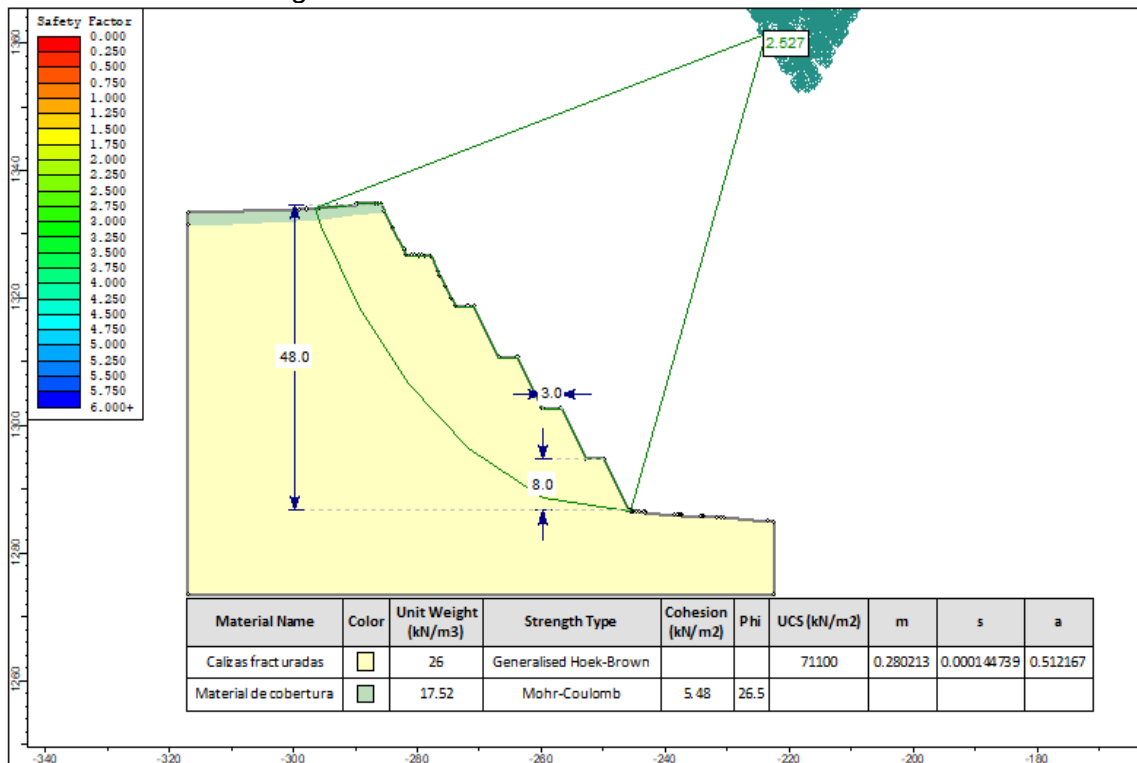
Figura 65
Análisis de estabilidad global Zona 3 – Condición pseudo-estática



Nota: Elaboración propia

- Zona Geomecánica 4

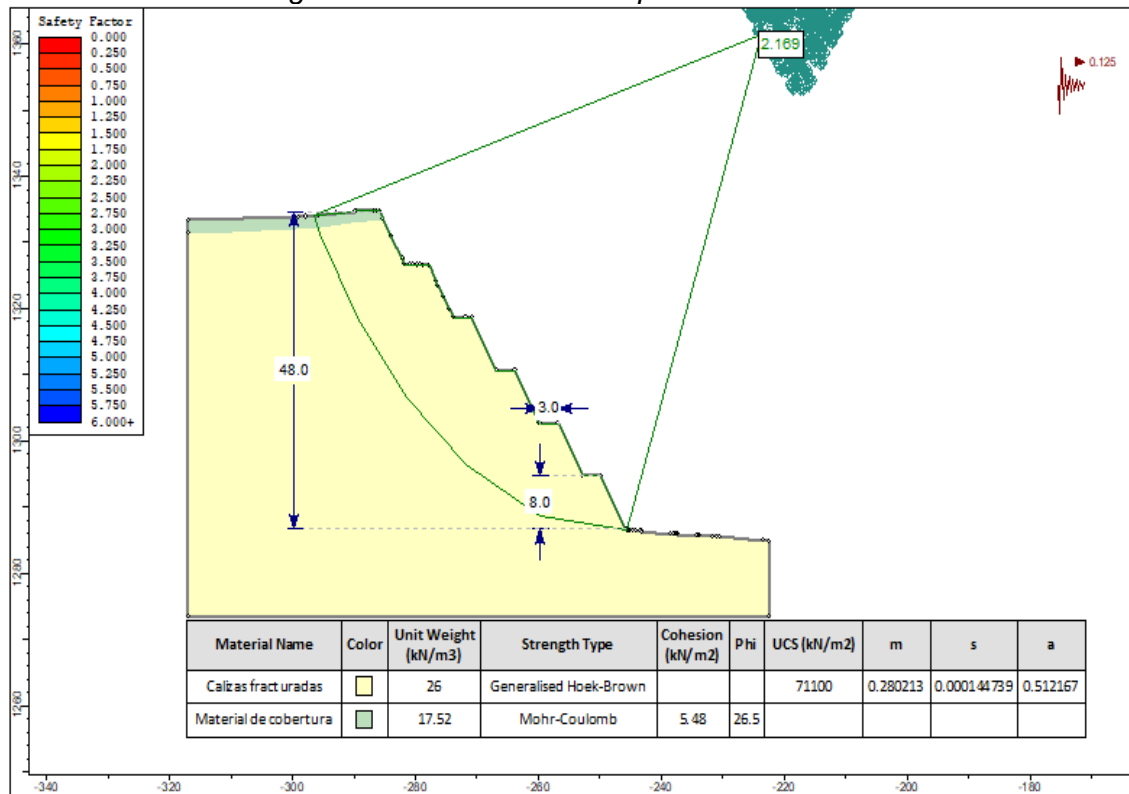
Figura 66
Análisis de estabilidad global Zona 4 – Condición estática



Nota: Elaboración propia

Figura 67

Análisis de estabilidad global Zona 4 – Condición pseudo-estática

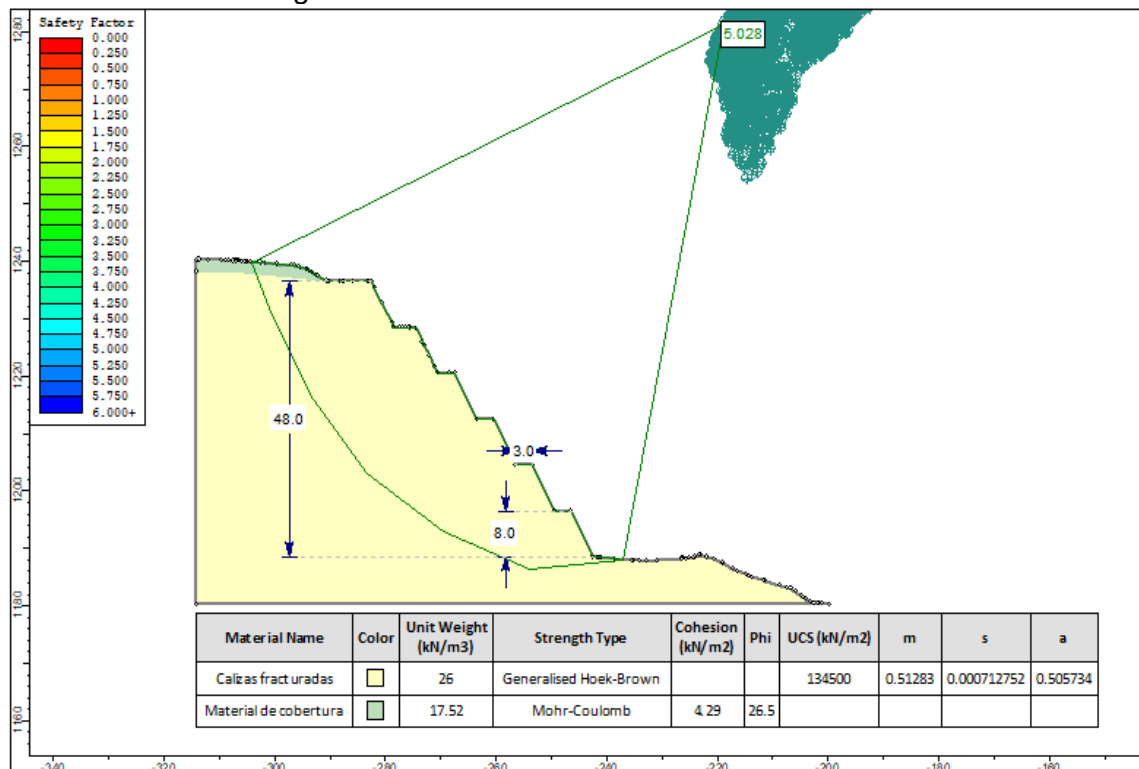


Nota: Elaboración propia

- Zona Geomecánica 5

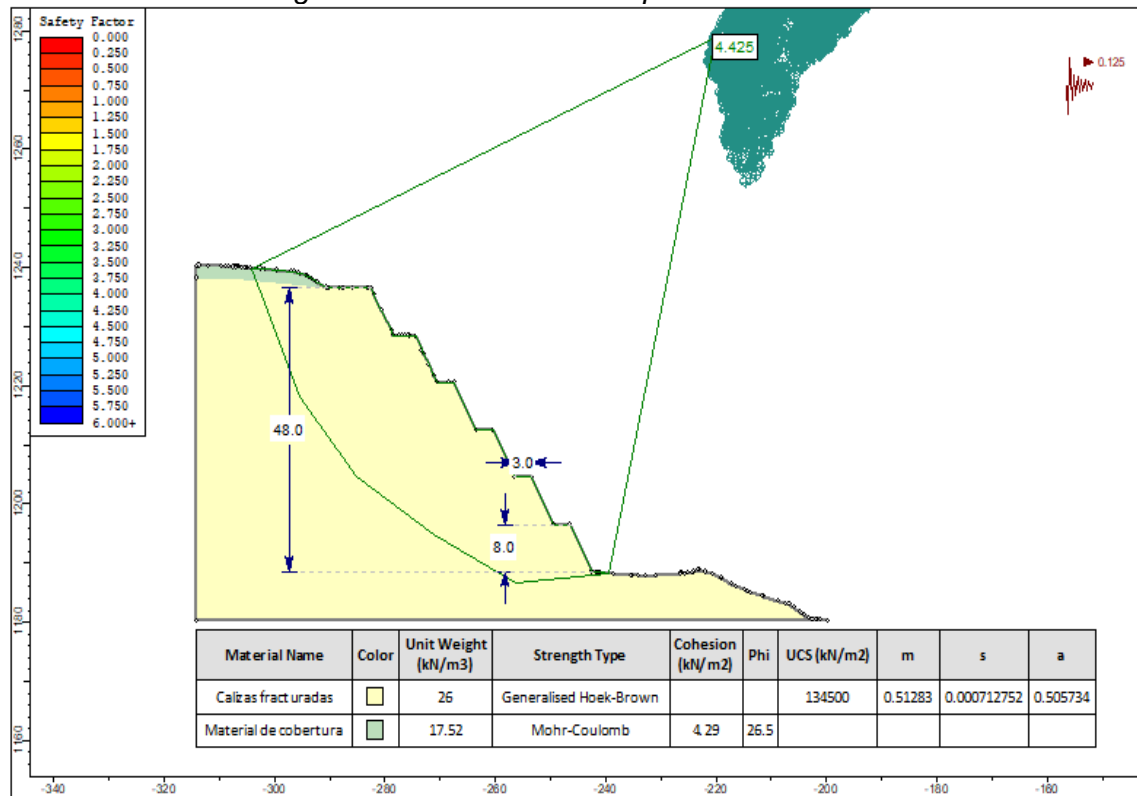
Figura 68

Análisis de estabilidad global Zona 5 – Condición estática



Nota: Elaboración propia

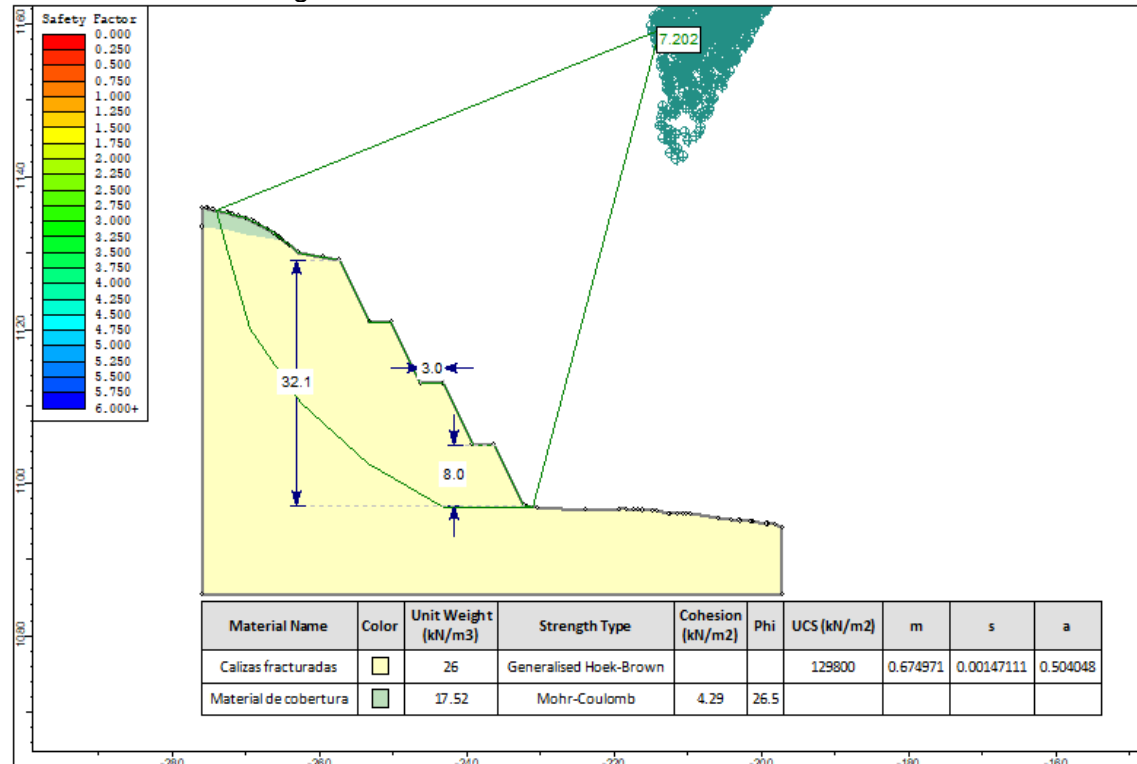
Figura 69
Análisis de estabilidad global Zona 5 – Condición pseudo-estática



Nota: Elaboración propia

- Zona Geomecánica 6

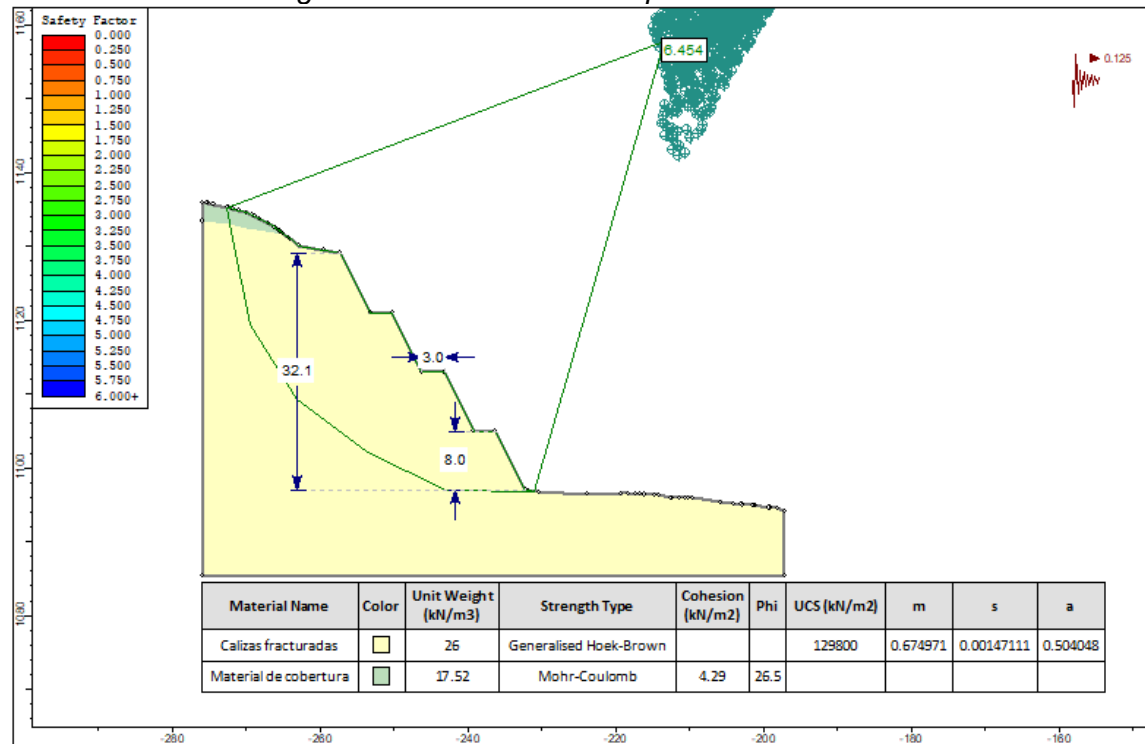
Figura 70
Análisis de estabilidad global Zona 6 – Condición estática



Nota: Elaboración propia

Figura 71

Análisis de estabilidad global Zona 6 – Condición pseudo-estática



Nota: Elaboración propia

El resumen de los factores de seguridad obtenidos en los análisis de estabilidad global para cada zona geomecánica se indican en la Tabla 44.

Tabla 44

Resumen de factores de seguridad del análisis de estabilidad global

Zona geomecánica	Altura (m.)	Factor de seguridad		Condición
		Estático	Pseudo estático	
Zona 1	32.10	2.908	2.455	Estable
Zona 2	32.10	4.956	4.482	Estable
Zona 3	48.00	3.292	2.863	Estable
Zona 4	48.00	2.527	2.169	Estable
Zona 5	48.00	5.028	4.425	Estable
Zona 6	32.10	7.202	6.454	Estable

Nota: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos, la configuración de los taludes recomendada garantiza una condición estable.

4.12 Presupuesto

El presupuesto realizado está en función de los costos de minado y/o movimiento de tierras, los cuales involucran costos de perforación, voladura, carguío y acarreo, limpieza de los taludes, y costos de relleno para el restablecimiento del plataformado (área donde se proyecta realizar el campamento minero).

El resumen de los precios unitarios para realizar la excavación y voladura en roca suelta y roca fija se presenta en la Tabla 45.

Tabla 45
Precios unitarios – Minado y/o movimiento de tierras

01.01 EXCAVACIÓN Y DESQUINCHE EN ROCA FIJA						
m ³ /día	MO. 300.0000	EQ. 300.0000	Costo unitario directo por m ³			14.28
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
Peón	hh	6.0000	0.1600	16.76	2.68	
Capataz "A"	hh	0.2000	0.0053	30.51	0.16	2.84
Equipos						
Herramientas manuales	%MO		5.0000	2.84	0.14	
Excavadora sobre oruga 115-165 HP	hm	0.5000	0.0133	277.81	3.69	
Tractor de orugas de 190-240 HP	hm	1.0000	0.0267	285.03	7.61	11.44
01.02 PERFORACIÓN Y DISPARO EN ROCA FIJA						
m ³ /día	MO. 260.0000	EQ. 260.0000	Costo unitario directo por m ³			22.37
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
Operario	hh	1.0000	0.0308	23.47	0.72	
Oficial	hh	5.0000	0.1538	18.54	2.85	
Peón	hh	3.0000	0.0923	16.76	1.55	
Capataz "A"	hh	0.5000	0.0154	30.51	0.47	5.59
Materiales						
Mecha o guía blanca	m		1.0000	1.13	1.13	
Fulminante # 8	pza		1.0000	1.18	1.18	
Dinamita al 65%	kg		0.3000	11.87	3.56	
Barreno 5" x 39 mm	u		0.0170	270.11	4.59	10.46
Equipos						
Herramientas manuales	%MO		5.0000	5.59	0.28	
Excavadora sobre oruga 115-165 HP	hm	4.0000	0.1231	6.51	0.80	
Tractor de orugas de 190-240 HP	hm	1.0000	0.0308	170.12	5.24	6.32
01.03 EXCAVACIÓN Y DESQUINCHE EN ROCA SUELTA						
m ³ /día	MO. 440.0000	EQ. 440.0000	Costo unitario directo por m ³			6.59
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
Peón	hh	4.0000	0.0727	16.76	1.22	
Capataz "A"	hh	0.2000	0.0036	30.51	0.11	1.33
Equipos						
Herramientas manuales	%MO		5.0000	1.33	0.07	
Tractor de orugas de 190-240 HP	hm	1.0000	0.0182	285.03	5.19	5.26
01.04 PERFORACIÓN Y DISPARO EN ROCA SUELTA						
m ³ /día	MO. 500.0000	EQ. 500.0000	Costo unitario directo por m ³			8.94
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de obra						
Oficial	hh	5.0000	0.0800	18.54	1.48	
Peón	hh	2.0000	0.0320	16.76	0.54	
Capataz "A"	hh	0.5000	0.0080	30.51	0.24	2.26
Materiales						
Mecha o guía blanca	m		0.5000	1.13	0.57	
Fulminante # 8	pza		0.5000	1.18	0.59	
Dinamita al 65%	kg		0.1000	11.87	1.19	

Barreno 5" x 39 mm	u		0.0040	270.11	1.08
					3.43
Equipos					
Herramientas manuales	%MO		5.0000	2.26	0.11
Compresora neumática 196 HP	hm	1.0000	0.0160	170.12	2.72
Martillo neumático de 25-29 kg	hm	4.0000	0.0640	6.51	0.42
					3.25

Tomando en consideración los precios unitarios de la Tabla 45, y sumados a los precios de carguío, acarreo y limpieza de taludes, se obtiene el Presupuesto a nivel de Ingeniería básica para la configuración óptima de los taludes de la Cantera Yanamachay, y se muestra en la Tabla 46.

Tabla 46
Resumen del presupuesto

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Costo unitario S/.	Parcial S/.
01	Trabajos preliminares				199,477.69
01.01	Estudio geológico y geomecánico	u	1.00	105,000.00	105,000.00
01.02	Limpieza del terreno	m ²	17,324.90	3.12	54,053.69
01.03	Topográfica permanente de la obra	mes	2	8000.00	16,000.00
01.04	Movilización de equipos y herramientas	glb	1.00	10,300.00	10,300.00
01.05	Eliminación de material excedente	m ³	300.00	47.08	14,124.00
02	Obras temporales				12,080.00
02.01	Oficina del contratista	mes	2.00	1,500.00	3,000.00
02.02	Oficina de la supervisión	mes	2.00	750.00	1,500.00
02.03	Almacén de obra	mes	2.00	750.00	1,500.00
02.04	Servicios higiénicos	mes	2.00	2,390.00	4,780.00
02.05	Agua para la obra	glb	1.00	1,300.00	1,300.00
03	Excavación, desquinche y voladura				387,828.78
03.01	Excavación y desquinche en roca fija	m ³	6,526.06	14.28	93,192.14
03.02	Perforación y disparo en roca fija	m ³	6,526.06	22.37	145,987.96
03.03	Excavación y desquinche en roca suelta	m ³	9,241.80	6.59	60,903.46
03.04	Perforación y disparo en roca suelta	m ³	9,241.80	8.94	82,621.69
03.05	Perfilado de taludes	m ²	470.48	10.89	5,123.53
	Costo directo				599,386.47
	Gastos generales (16%)				95,901.84
	Utilidad (5%)				29,969.32
	Subtotal				725,257.63
	I.G.V. (18%)				130,546.37
	PRESUPUESTO FINAL				855,804.00

Nota: Elaboración propia

De acuerdo con la Tabla 46, el presupuesto final aproximado es de ochocientos cincuenta y cinco mil ochocientos cuatro y 00/100 soles.

Conclusiones

El substrato rocoso del área de estudio está conformado por la Formación Chambará, de edad Triásico-Jurásico inferior, constituida por calizas de color beige con tonalidades grises; y de acuerdo con el grado de fracturamiento del macizo rocoso expuesto en los bancos, se ha dividido en seis unidades: Unidad 1: ancho entre 8-10 m, macizo regular a bueno; Unidad 2: ancho entre 5-7 m, macizo entre regular a malo; Unidad 3: ancho entre 10-12 m, macizo entre regular a malo, Unidad 4: zona de falla, ancho entre 18-22 m, macizo entre regular a malo, Unidad 5: ancho entre 25-30 m, macizo entre bueno a regular; Unidad 6: ancho entre 28-33 m, macizo entre regular a bueno.

Las fallas tectónicas identificadas son antiguas en el tiempo geológico, así mismo, no se observan indicios de actividad neotectónica, por lo que se consideran como fallas tectónicas antiguas actualmente estables.

De acuerdo con el marco tectónico-estructural los afloramientos rocosos correspondientes a la Formación Chambará han sido expuestos mediante una falla inversa de alto ángulo; los estratos siguen una dirección predominante NNO-SSE con inclinación hacia el Este.

Con base a la caracterización geológica y geomecánica realizada, el área de estudio se encuentra dividida en tres zonas: Zona de cobertura superficial, la cual corresponde a la parte alta, sobre los 4130 m.s.n.m. conformada por suelos residuales de composición areno arcillosa; Zona de bancos, caracterizada por los taludes rocosos de la cantera Yanamachay, conformada por intercalaciones de calizas fracturadas, limolitas y margas; y hacia la parte baja, la Zona de Open pit.

El arreglo estructural del área de estudio se encuentra controlado principalmente por tres sistemas de discontinuidades: Sistema 1, conformado por fallas y diaclasas, con rumbo promedio N9°O y buzamiento promedio 78°NE. Sistema 2, conformado por fallas y diaclasas, con rumbo promedio N69°E y buzamiento promedio 69°SE y Sistema 3, conformado por diaclasas y estratos, y en menor medida fallas, presentan rumbo promedio

N8°E y buzamiento promedio 24°NO.

La zonificación geomecánica de la cantera Yanamachay se realizó de acuerdo con las características de las unidades litológicas identificadas, clasificación geomecánica de la masa rocosa y grado de fracturamiento expuesto en los bancos de la cantera, determinando seis (06) Zonas geomecánicas y sus características se indican en la Tabla 29.

Según el criterio de Bieniawski (1989), el macizo rocoso del área de estudio varía entre 39 a 61, calificando como roca de calidad Mala a Buena. Así mismo, de acuerdo con la zonificación geomecánica realizada, la Zona 1 presenta calidad Mala a Regular (III-IV); Zona 2 y Zona 3: calidad Regular (III); Zona 4: calidad Mala a Regular (III-IV); Zona 5 y Zona 6: calidad Regular a Buena (III-II).

Los parámetros de resistencia de la masa rocosa fueron estimados mediante el Criterio de falla de Hoek y Brown (2002), implementado en el programa ROCLAB V.1.031. Dichos parámetros servirán de input para realizar el análisis cinemático y estabilidad global de los taludes rocosos.

El análisis cinemático permite identificar los principales mecanismos de falla, para ello se empleó el programa de cómputo DIPS V.6.0 de ROCSCIENCE, obteniendo los siguientes resultados: Fallas planares en las zonas geomecánicas 3, 4, 5 y 6; y fallas en cuña en todas las zonas geomecánicas. Por tanto, con el objetivo de disminuir y/o eliminar la presencia de estos mecanismos de fallas, es necesario estimar un ángulo de inclinación óptimo de los bancos.

La inclinación óptima de los bancos es de 63°, dicha inclinación permitió eliminar la gran mayoría de fallas identificadas, sin embargo, es necesario realizar el análisis de estabilidad de las fallas planares y cuñas que aún se generarían.

Mediante el programa de cómputo ROCPLANE V. 2.029 de ROCSCIENCE, se realizó el análisis de estabilidad de la falla planar identificada en la zona geomecánica 5, tanto en condición estática como pseudo-estática, y los factores de seguridad obtenidos son mayores a los permisibles, por tanto, se garantiza la condición estable.

Mediante el programa de cómputo SWEDGE V.4.078 de ROCSCIENCE, se realizó el análisis de estabilidad de las fallas en cuña identificadas en las zonas geomecánicas 1, 3 y 5, tanto en condición estática como pseudo-estática, y los factores de seguridad obtenidos son mayores a los permisibles, por tanto, se garantiza la condición estable.

El análisis de estabilidad global de los taludes rocosos de la cantera Yanamachay, se realizó mediante el programa de cómputo SLIDE V.6.0 de ROCSCIENCE, para una sección representativa en cada zona geomecánica, y los factores de seguridad obtenidos son mayores a los permisibles, por tanto, la configuración de taludes recomendada garantiza una condición estable.

Recomendaciones

Realizar ensayos triaxiales y/o de resistencia a la compresión simple, para estimar con mayor precisión las características geomecánicas del macizo rocoso.

Se recomienda una configuración final de los taludes de la cantera Yanamachay, con altura de banco (H) igual a 8.00 m y ancho de banco (b) igual a 3.00 m, a excepción del último, que presenta un ancho de banco (b) de 4.00 m, y una inclinación óptima de los bancos igual a 63° , de esta manera se garantiza una condición estable.

Realizar los trabajos de excavación y voladura de los taludes rocosos, en temporadas de estiaje (Abril – Noviembre), y de no ser así, tener un Plan de contingencia que permita realizar los trabajos de manera óptima.

Realizar voladura controlada de los taludes rocosos que presenten buenas características geomecánicas, y así controlar la estabilidad de las paredes de las excavaciones.

Realizar el desquinche de los bloques sueltos que pueden presentarse durante el proceso de excavación.

Se recomienda la instalación de hitos topográficos en los taludes de roca, con la finalidad de monitorear y controlar las condiciones físicas de dichos taludes (desplazamientos, inestabilidades) que podrían afectar la integridad del campamento minero proyectado.

Referencias bibliográficas

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2014). *AASHTO LRFD Bridge Design Specifications*. Washington.
- American Standard for Testing and Materials. ASTM (1984). Annual Book of ASTM Standards. *Volume 04. 08. Natural Building Stones, Soil and Rock*.
- Barton, N., & Choubey, V. (1977). The Shear strength of rock joints in theory and practice. *Rock Mechanics 10*, 1-54.
- Bieniawski, Z. (1973). Engineering Classification of Jointed Rock Masses. *Transaction of the South African Institution of Civil Engineers (15)*, 335-344.
- Bieniawski, Z. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*. New York: John Wiley & Sons.
- Bieniawski, Z. (1979). The Geomechanics Classification in Rock Engineering Application. *4th International Congress on Rock Mechanics Montreux (2)*, 41-48.
- Carlotto, V., Romero, D., Chacaltana, C., y Valdivia, W. (2005). *I Escuela de Campo de Geología*. INGEMMET. Lima: Dirección de Geología Regional.
- Chávez, N. (2007). *Introducción a la Investigación Educativa (Tercera ed.)*. Maracaibo: La Columna.
- Córdova, N. (2008). Geomecánica en el minado subterráneo Caso Mina Condestable. *(Tesis para optar el Grado de Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería de Minas)*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Deere, D., Hendron, A., Patton, F., & Cording, E. (1967). Design of Surface and Near Surface Construction in Rock. *Failure and Breakage of Rock, Proceedings of 8th US Symposium of Rock Mechanics*, 237-302.
- Duncan, J., & Wright, S. (2005). *Soil Strength and Slope Stability*. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Flores, M., Alegría, J., y Granda, A. (2005). Diversidad florística asociada a las lagunas andinas Pomacocha y Habascocha, Junín, Perú. *Revista Peruana de Biología*,

125-134.

González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., y Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson Educación S.A.

Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2003). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGraw-Hill.

Hoek, E. (2006). *Practical Rock Engineering*. Obtenido de <https://www.rocscience.com/assets/resources/learning/hoek/Practical-Rock-Engineering-Full-Text.pdf>

Hoek, E., & Brown, E. (1997). Practical Estimates of rock mass strength. *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 1165-1186.

Hoek, E., Carranza-Torres, C., & Corkum, B. (2002). Hoek-Brown failure criterion. *NARMS-TAC Conference*, 267-273.

Hoek, E., Kaiser, P., & Bawden W. (1995). *Support of Underground Excavation in Hard Rock*. Rotterdam.

Hoek, E. & Marinos, P. (2000). GSI: A Geological Friendly Tool for Rock Mass Strength Estimation. *Proceedings of the GeoEng 2000 at the International Conference on Geotechnical and Geological Engineering*, 1422-1446.

Hoek, E., Wood, D., & Shah, S. (1992). A modified Hoek- Brown criterion for jointed rock masses. *Proceedings of the International Society of Rock Mechanics Symposium on Rock Characterization*, 209-214.

INGEMMET. (2011). Boletín N° 144 Geología del Cuadrángulo de Cerro de Pasco. Lima, Perú.

Instituto Tecnológico Geominero de España. (1987). *Manual de Ingeniería de Taludes*. Madrid: ITGE.

ISRM (International Society for Rock Mechanics). (1981). Basic Technical Description of rock masses. *International Journal of Rocks Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts*, 85-110.

Miller, R. (1965). Engineering Classification and Index properties for Intact Rock. (*Ph. D.*

- Thesis*). University of Illinois, Illinois.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, (2012). *Norma CE.020 Estabilización de suelos y taludes*. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, (2018). *Norma Técnica E.030 Diseño Sismorresistente*. Lima, Perú.
- Morales, M. (2009). Caracterización geotécnica y determinación de ángulos de talud en Yacimiento Franke. (*Tesis de Pregrado*). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- OSINERGMIN. (2017). <https://www.osinergmin.gob.pe>. Obtenido de <https://www.osinergmin.gob.pe>: https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Guia-Criterios-Geomecanicos.pdf
- Pacheco, E. (2018). Investigaciones geotécnicas de Estabilidad de taludes en macizos rocosos de pizarras para el mejoramiento de seguridad energética del país y desarrollo del Gasoducto Sur peruano. (*Tesis para optar el Grado de Maestro en Ciencias con mención en Ingeniería Geológica*). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Palmström, A. (2005). Measurements of and Correlations between Block Size and Rock Quality Designation (RQD). *Tunnelling and Underground Space Technology, Volume 20*, 362-377.
- Parra, A. (2015). Planificación minera a cielo abierto utilizando fundamentos geomecánicos. (*Tesis para optar el Grado de Magíster en Minería*). Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Piteau, D., & Peckover, F. (1978). Engineering of Rock slopes. *Landslides Analysis and Control*, 192-234.
- Ramírez, P., & Alejano, L. (2004). *Mecánica de Rocas: Fundamentos e Ingeniería de Taludes*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Read, J., & Stacey, P. (2009). *Guidelines for Open Pit Slope Design*. Australia: CSIRO Publishing.

- Romana, M. (1985). New Adjustment Ratings for Application of Bieniawski Classification to slopes. *International Symposium on the Role of Rock Mechanics in Excavations for Mining and Civil Works*, 59-68.
- Spencer, E. (1967). A Method of Analysis of the stability of embankments assuming parallel inter-slice forces. *Geotechnique*, Vol. 17, 11-26.
- Suarez, J. (1998). *Deslizamientos y Estabilidad de Taludes en zonas tropicales*. Bucaramanga: Publicaciones UIS.
- USACE. (2001). Geotechnical Investigations, Engineer Manual (EM). *U.S. Army Corps of Engineers*. Washitngton.
- Valiente, R., Sobrecases, S., y Díaz, A. (2015). Estabilidad de Taludes: Conceptos básicos, Parámetros de diseño y Métodos de cálculo. *CIVILÍZATE*, 50-54.

Anexos

Anexos

Anexo 1: Registros de excavación	2
Anexo 2: Certificados de ensayos de laboratorio	11
Anexo 3: Formatos de estaciones geomecánicas (SMR-RMR).....	33
Anexo 4: Resultados de los ensayos de Martillo de Schmidt	53
Anexo 5: Parámetros de resistencia de la masa rocosa y discontinuidades.....	93
Anexo 6: Análisis estereográfico	108
Anexo 7: Análisis cinemático del macizo rocoso	123
Anexo 8: Análisis de estabilidad	172
Anexo 9: Planos.....	183

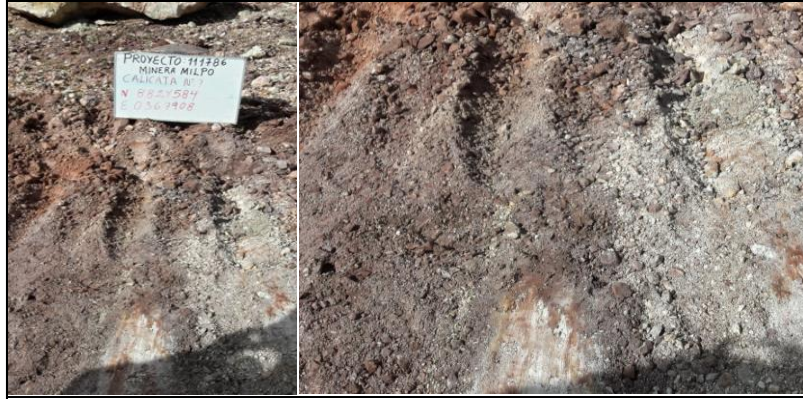
Anexo 1

Registros de excavación

111786-LAB-001	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS ASTM D 2488		
		FECHA: 10/04/2020	111786-LAB-001

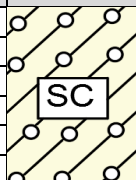

**REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA
(ASTM D-2488)**

PROYECTO : INGENIERIA BÁSICA DEL NUEVO CAMPAMENTO MINERO SOBRE LA CANTERA YANAMACHAY



SECTOR :	PLATAFORMA
PROGRESIVA :	-
CALICATA :	C-01
CLIENTE :	NEXA S.A.
REALIZADO POR :	C. CONTRERAS
REVISADO POR :	R. HERENCIA
APROBADO POR :	J. AYALA
COORDENADAS UTM	
ESTE:	0367908
NORTE:	8824584
TIPO DE EXCAVACIÓN:	Excavación Mecánica

IDENTIFICACIÓN VISUAL DE SUELOS

PROF. (m)	SIMBOLOGÍA	MUESTRA	ESPESOR (m.)	DESCRIPCIÓN DE MATERIALES
0.10		M-01	0.00 - 0.60	Arenas con presencia de finos, seco, color beige claro, compacidad densa - medianamente densa. Se llegó hasta esta profundidad porque se encontró roca.
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70		S/M	> 0.60	Roca caliza moderadamente fracturada y meteorizada.
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				
1.80				
1.90				
2.00				
2.10				
2.20				
2.30				
2.40				
2.50				
2.60				
2.70				
2.80				
2.90				
3.00				

111786-LAB-002	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS ASTM D 2488		
		FECHA: 10/04/2020	111786-LAB-002

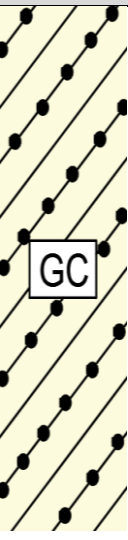
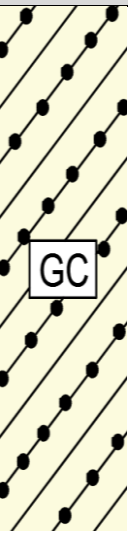
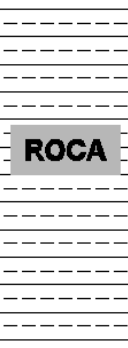
**REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA
(ASTM D-2488)**

PROYECTO : INGENIERIA BÁSICA DEL NUEVO CAMPAMENTO MINERO SOBRE LA CANTERA YANAMACHAY



SECTOR :	PLATAFORMA
PROGRESIVA :	-
CALICATA :	C-02
CLIENTE :	NEXA S.A.
REALIZADO POR :	C. CONTRERAS
REVISADO POR :	R. HERENCIA
APROBADO POR :	J. AYALA
COORDENADAS UTM	
ESTE:	0367875
NORTE:	8824590
TIPO DE EXCAVACIÓN:	Excavación Mecánica


IDENTIFICACIÓN VISUAL DE SUELOS

PROF. (m)	SIMBOLOGÍA	MUESTRA	ESPESOR (m.)	DESCRIPCIÓN DE MATERIALES
0.10		M-01	0.00 - 1.80	Gravas con matriz arcillosa, condición seca, color beige claro, gravas de forma sub angulosas, compacidad densa a medianamente densa, TM gravas = 2".
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10		M-01	0.00 - 1.80	Gravas con matriz arcillosa, condición seca, color beige claro, gravas de forma sub angulosas, compacidad densa a medianamente densa, TM gravas = 2".
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				
1.80				
1.90				
2.00				
2.10		S/M	1.80 - 3.00	Roca caliza moderadamente fracturada y meteorizada.
2.20				
2.30				
2.40				
2.50				
2.60				
2.70				
2.80				
2.90				
3.00				

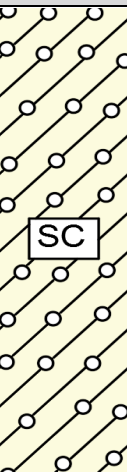

111786-LAB-003	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS ASTM D 2488		
		FECHA: 10/04/2020	111786-LAB-003

**REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA
(ASTM D-2488)**

PROYECTO : INGENIERIA BÁSICA DEL NUEVO CAMPAMENTO MINERO SOBRE LA CANTERA YANAMACHAY

	SECTOR : PLATAFORMA
	PROGRESIVA : -
CALICATA : C-03	
CLIENTE : NEXA S.A.	
REALIZADO POR : C. CONTRERAS	
REVISADO POR : R. HERENCIA	
APROBADO POR : J. AYALA	
COORDENADAS UTM	
ESTE: 0367917	
NORTE: 8824560	
TIPO DE EXCAVACIÓN: Excavación Mecánica	

IDENTIFICACIÓN VISUAL DE SUELOS

PROF. (m)	SIMBOLOGÍA	MUESTRA	ESPESOR (m.)	DESCRIPCIÓN DE MATERIALES
0.10		M-01	0.00 - 1.60	Arenas con presencia de finos y gravas, húmedo, color beige, compacidad densa - medianamente densa. La gravas presentan tamaño máximo de 1". Se llegó hasta esta profundidad porque se encontró roca.
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10		S/M	> 1.60	Roca caliza moderadamente fracturada y meteorizada.
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				
1.80				
1.90				
2.00				
2.10				
2.20				
2.30				
2.40				
2.50				
2.60				
2.70				
2.80				
2.90				
3.00				

111786-LAB-004	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS ASTM D 2488		
		FECHA:	111786-LAB-004

10/04/2020

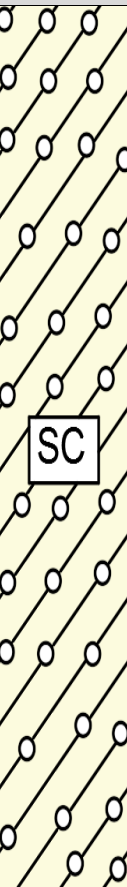
**REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA
(ASTM D-2488)**

PROYECTO : INGENIERIA BÁSICA DEL NUEVO CAMPAMENTO MINERO SOBRE LA CANTERA YANAMACHAY



SECTOR :	PLATAFORMA
PROGRESIVA :	-
CALICATA :	C-04
CLIENTE :	NEXA S.A.
REALIZADO POR :	C. CONTRERAS
REVISADO POR :	R. HERENCIA
APROBADO POR :	J. AYALA
COORDENADAS UTM	
ESTE:	0367926
NORTE:	8824592
TIPO DE EXCAVACIÓN:	Excavación Mecánica

IDENTIFICACIÓN VISUAL DE SUELOS

PROF. (m)	SIMBOLOGÍA	MUESTRA	ESPESOR (m.)	DESCRIPCIÓN DE MATERIALES
0.10		M-01	0.00 - 3.00	Arena arcillosa con presencia de gravas, húmeda, color marrón claro, compacidad densa a medianamente densa. Las gravas presentan forma subangulosa y $TM = 1"$.
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				
1.80				
1.90				
2.00				
2.10				
2.20				
2.30				
2.40				
2.50				
2.60				
2.70				
2.80				
2.90				
3.00				

111786-LAB-005	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS ASTM D 2488		
		FECHA:	111786-LAB-005



10/04/2020

**REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA
(ASTM D-2488)**

PROYECTO : INGENIERIA BÁSICA DEL NUEVO CAMPAMENTO MINERO SOBRE LA CANTERA YANAMACHAY

		SECTOR :	PLATAFORMA
		PROGRESIVA :	-
		CALICATA :	C-05
		CLIENTE :	NEXA S.A.
		REALIZADO POR :	C. CONTRERAS
		REVISADO POR :	R. HERENCIA
		APROBADO POR :	J. AYALA
COORDENADAS UTM			
		ESTE:	0367921
		NORTE:	8824542
		TIPO DE EXCAVACIÓN:	Excavación Mecánica

IDENTIFICACIÓN VISUAL DE SUELOS

PROF. (m)	SIMBOLOGÍA	MUESTRA	ESPESOR (m.)	DESCRIPCIÓN DE MATERIALES
0.10		M-01	0.00 - 0.70	Arena arcillosa con presencia de gravas, color marrón claro, compactidad densa a medianamente densa. Las gravas presentan forma subangulosa y TM = 1". Presencia de bloques de roca (roca muy fracturada). Se llegó hasta esta profundidad por encontrarse presencia de roca.
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80		S/M	> 0.70	Roca caliza moderadamente fracturada y meteorizada.
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				
1.80				
1.90				
2.00				
2.10				
2.20				
2.30				
2.40				
2.50				
2.60				
2.70				
2.80				
2.90				
3.00				

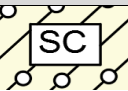

111786-LAB-006	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS ASTM D 2488		
		FECHA: 10/04/2020	111786-LAB-006

**REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA
(ASTM D-2488)**

PROYECTO : INGENIERIA BÁSICA DEL NUEVO CAMPAMENTO MINERO SOBRE LA CANTERA YANAMACHAY

	SECTOR :	PLATAFORMA
	PROGRESIVA :	-
	CALICATA :	C-06
	CLIENTE :	NEXA S.A.
	REALIZADO POR :	C. CONTRERAS
	REVISADO POR :	R. HERENCIA
	APROBADO POR :	J. AYALA
COORDENADAS UTM		
ESTE:	0367950	
NORTE:	8824547	
TIPO DE EXCAVACIÓN:	Excavación Mecánica	

IDENTIFICACIÓN VISUAL DE SUELOS

PROF. (m)	SIMBOLOGÍA	MUESTRA	ESPESOR (m.)	DESCRIPCIÓN DE MATERIALES
0.10		M-01	0.00 - 0.30	Arenas arcillosa, color marrón oscuro, compacidad densa - medianamente densa. Se observan bloques de roca de color blanco (roca fracturada). Se llegó hasta esta profundidad porque se encontró roca.
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60		S/M	> 0.30	Roca caliza moderadamente fracturada y meteorizada.
1.70				
1.80				
1.90				
2.00				
2.10				
2.20				
2.30				
2.40				
2.50				
2.60				
2.70				
2.80				
2.90				
3.00				


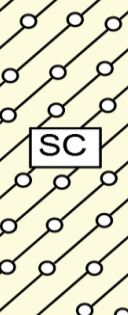

111786-LAB-007	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS ASTM D 2488		
		FECHA: 10/04/2020	111786-LAB-007

**REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA
(ASTM D-2488)**

PROYECTO : INGENIERIA BÁSICA DEL NUEVO CAMPAMENTO MINERO SOBRE LA CANTERA YANAMACHAY

		SECTOR :	PLATAFORMA
		PROGRESIVA :	-
		CALICATA :	C-07
		CLIENTE :	NEXA S.A.
		REALIZADO POR :	C. CONTRERAS
		REVISADO POR :	R. HERENCIA
		APROBADO POR :	J. AYALA
COORDENADAS UTM			
		ESTE:	0367850
		NORTE:	8824572
		TIPO DE EXCAVACIÓN:	Excavación Mecánica

IDENTIFICACIÓN VISUAL DE SUELOS

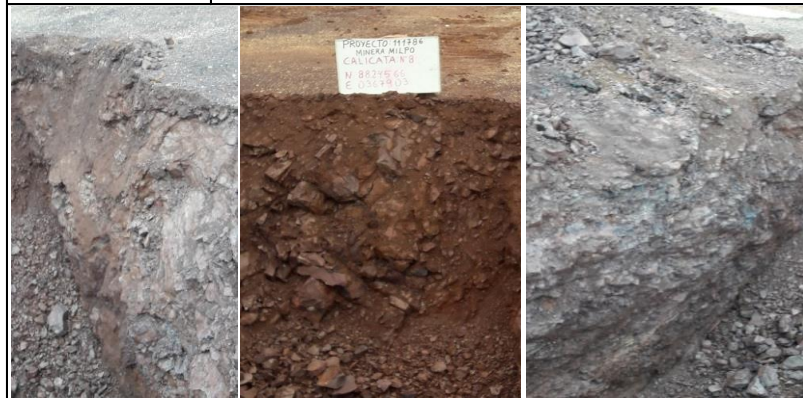
PROF. (m)	SIMBOLOGÍA	MUESTRA	ESPESOR (m.)	DESCRIPCIÓN DE MATERIALES
0.10		S/M	0.00 - 0.70	Material antrópico. Relleno de plataforma.
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70		M-01	0.70 - 1.80	Arenas arcillosas con presencia de gravas, color marrón oscuro, compacidad densa - medianamente densa. Las gravas son de forma subangulosa y TM = 1". Se llegó hasta esta profundidad porque se encontró roca.
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				
1.80				
1.90		S/M	> 1.80	Roca caliza moderadamente fracturada y meteorizada.
2.00				
2.10				
2.20				
2.30				
2.40				
2.50				
2.60				
2.70				
2.80				
2.90				
3.00				

111786-LAB-008	LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS ASTM D 2488		
		FECHA:	111786-LAB-008

10/04/2020

**REGISTRO DE EXCAVACIÓN DE CALICATA
(ASTM D-2488)**

PROYECTO : INGENIERIA BÁSICA DEL NUEVO CAMPAMENTO MINERO SOBRE LA CANTERA YANAMACHAY



SECTOR :	PLATAFORMA
PROGRESIVA :	-
CALICATA :	C-08
CLIENTE :	NEXA S.A.
REALIZADO POR :	C. CONTRERAS
REVISADO POR :	R. HERENCIA
APROBADO POR :	J. AYALA
COORDENADAS UTM	
ESTE:	0367903
NORTE:	8824566
TIPO DE EXCAVACIÓN:	Excavación Mecánica

IDENTIFICACIÓN VISUAL DE SUELOS

PROF. (m)	SIMBOLOGÍA	MUESTRA	ESPESOR (m.)	DESCRIPCIÓN DE MATERIALES
0.10	-----	S/M	0.00 - 2.50	Intercalaciones delgadas de margas y limolitas muy fracturadas. Por intemperismo presenta coloraciones marrón-rojizas. Corresponde a la cobertura residual de la Unidad 3.
0.20	-----			
0.30	-----			
0.40	-----			
0.50	-----			
0.60	-----			
0.70	-----			
0.80	-----			
0.90	-----			
1.00	-----			
1.10	-----			
1.20	-----			
1.30	-----			
1.40	-----			
1.50	ROCA			
1.60	-----			
1.70	-----			
1.80	-----			
1.90	-----			
2.00	-----			
2.10	-----			
2.20	-----			
2.30	-----			
2.40	-----			
2.50	-----			
2.60	-----			
2.70	-----			
2.80	-----			
2.90	-----			
3.00	-----			

Anexo 2

Certificados de ensayos de laboratorio

Ensayos en suelos

LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

111786--20180410-01

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A. **PROYECTO** : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima - Lima - Miraflores.
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020 **CLIENTE** : NEXA PERÚ

Datos de la Muestra

Tipo de sondeo : Calicata **Ubicación** : Cerro de Pasco
Calicata / Muestra : C-01 / M-1 **Profundidad** : 0.00 - 0.60
Coordenadas : E. 0367908 / N. 8824584 **Fecha** : 12/04/2020

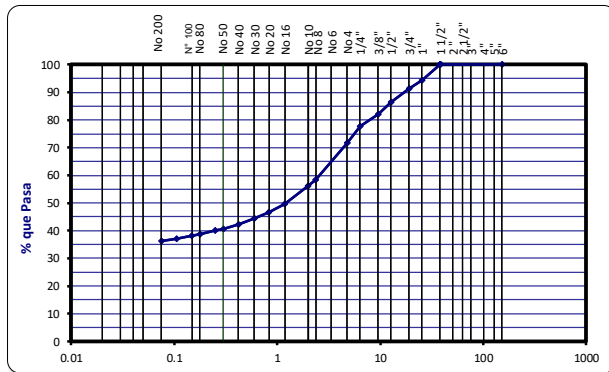
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107 - 2016

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	45.2	5.5	5.5	94.5
3/4"	19.050	26.6	3.2	8.7	91.3
1/2"	12.700	38.5	4.7	13.4	86.6
3/8"	9.525	36.5	4.4	17.9	82.1
1/4"	6.350	36.2	4.4	22.3	77.7
No. 4	4.760	50.5	6.1	28.4	71.6
No. 8	2.360	109.7	13.3	41.7	58.3
No. 10	2.000	16.1	2.0	43.7	56.3
No. 16	1.190	54.6	6.6	50.3	49.7
No. 20	0.834	25.0	3.0	53.3	46.7
No. 30	0.600	18.9	2.3	55.6	44.4
No. 40	0.420	18.4	2.2	57.8	42.2
No. 50	0.300	12.7	1.5	59.3	40.7
No. 60	0.250	6.0	0.7	60.0	40.0
No. 80	0.177	11.4	1.4	61.4	38.6
No. 100	0.149	2.4	0.3	61.7	38.3
No. 140	0.106	10.3	1.3	63.0	37.0
No. 200	0.075	5.6	0.7	63.7	36.3
-200		297.6	36.3	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : SC
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-6(1)

- Arena Arcillosa con grava



Peso Inicial (g) : 822.2

Peso Fracción (g) :

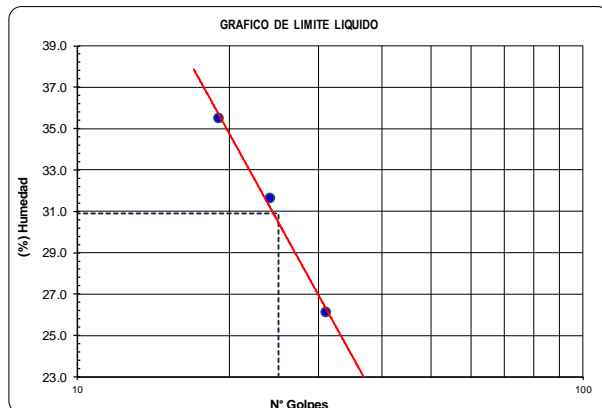
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

Capsula Nro	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2016		HUM. NAT. MTC E 108
	32	49	49
Peso de la Capsula (g)	15.04	15.01	487.0
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	25.36	25.18	3671.3
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	23.85	23.68	3439.6
Peso del Agua (g)	1.51	1.50	232
Peso del Suelo Seco (g)	8.81	8.67	2952.60
Contenido de Humedad (%)	17.14	17.30	7.85
PROMEDIO	17.0		7.8

Capsula Nro	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2016)		
	34	43	35
Peso de la Capsula (g)	26.48	29.10	29.10
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	42.22	47.07	45.09
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	38.96	42.75	40.90
Numero de Golpes	31	24	19
Peso del agua (g)	3.26	4.32	4.19
Peso del Suelo Seco (g)	12.48	13.65	11.80
Contenido de Humedad (%)	26.1	31.6	35.5

CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : 31 LIMITE PLÁSTICO : 17 IND. PLASTICIDAD : 14



Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Especialista en Geotecnia
 CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

111786--20180410-02

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A. **PROYECTO** : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima - Lima - Miraflores.
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020 **CLIENTE** : NEXA PERÚ

Datos de la Muestra

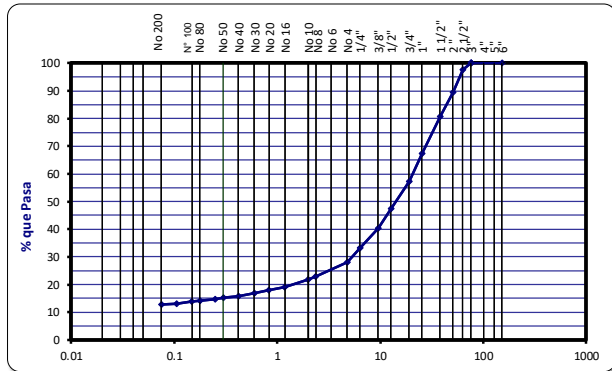
Tipo de sondeo : Calicata **Ubicación** : Cerro de Pasco
Calicata / Muestra : C-02 / M-1 **Profundidad** : 0.00 - 1.80
Coordenadas : E. 0367875 / N. 8824590 **Fecha** : 12/04/2020

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107 - 2016

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				100.0
3"	76.200				100.0
2 1/2"	63.500	400.6	2.4	2.4	97.6
2"	50.800	1391.6	8.2	10.6	89.4
1 1/2"	38.100	1482.8	8.8	19.4	80.6
1"	25.400	2250.7	13.3	32.7	67.3
3/4"	19.050	1711.2	10.1	42.8	57.2
1/2"	12.700	1661.4	9.8	52.6	47.4
3/8"	9.525	1196.1	7.1	59.7	40.3
1/4"	6.350	1169.0	6.9	66.6	33.4
No. 4	4.760	891.6	5.3	71.9	28.1
No. 8	2.360	110.4	5.3	77.2	22.8
No. 10	2.000	22.6	1.1	78.3	21.7
No. 16	1.190	55.0	2.6	80.9	19.1
No. 20	0.834	24.7	1.2	82.1	17.9
No. 30	0.600	20.0	1.0	83.1	16.9
No. 40	0.420	20.2	1.0	84.1	15.9
No. 50	0.300	15.4	0.7	84.8	15.2
No. 60	0.250	7.9	0.4	85.2	14.8
No. 80	0.177	14.8	0.7	85.9	14.1
No. 100	0.149	3.5	0.2	86.1	13.9
No. 140	0.106	17.2	0.8	86.9	13.1
No. 200	0.075	8.4	0.4	87.3	12.7
-200		267.6	12.7	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GC
CLASIFICACIÓN AASHTO : A-2-4(0)
- Grava Arcillosa con Arena



Peso Inicial (g) : 16907.0 **Peso Fracción (g)** : 587.7

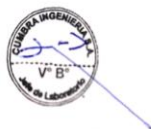
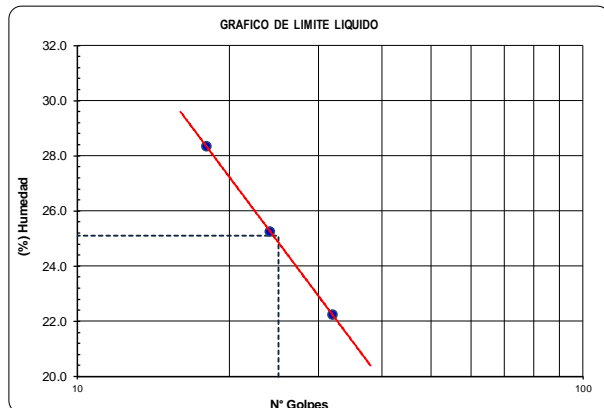
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

Capsula Nro	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2016		HUM. NAT. MTC E 108
	43	51	10
Peso de la Capsula (g)	13.36	13.55	270.3
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	25.06	25.18	1597.7
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	23.52	23.66	1527.7
Peso del Agua (g)	1.54	1.52	70
Peso del Suelo Seco (g)	10.16	10.11	1257.40
Contenido de Humedad (%)	15.16	15.03	5.57
PROMEDIO	15.0		5.6

Capsula Nro	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2016)		
	35	46	39
Peso de la Capsula (g)	29.10	28.57	29.57
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	45.64	47.42	48.58
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	42.63	43.62	44.38
Numero de Golpes	32	24	18
Peso del agua (g)	3.01	3.80	4.20
Peso del Suelo Seco (g)	13.53	15.05	14.81
Contenido de Humedad (%)	22.2	25.2	28.4

CONSTANTES FISICAS

LIMITE LIQUIDO : 25 **LIMITE PLÁSTICO** : 15 **IND. PLASTICIDAD** : 10



Graciela del Carmen Castilla Ramos
Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Especialista en Geotecnia
 CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

111786--20200412-03

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A.
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima - Lima -
Miraflores.
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020

PROYECTO : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo
campamento - Unidad Minera El Porvenir
CLIENTE : NEXA PERÚ

Datos de la Muestra

Tipo de sondeo : Calicata
Calicata / Muestra : C-03 / M-1
Coordenadas : E. 0367917 / N. 8824560
Ubicación : Cerro de Pasco
Profundidad : 0.00 - 1.60
Fecha : 12/04/2020

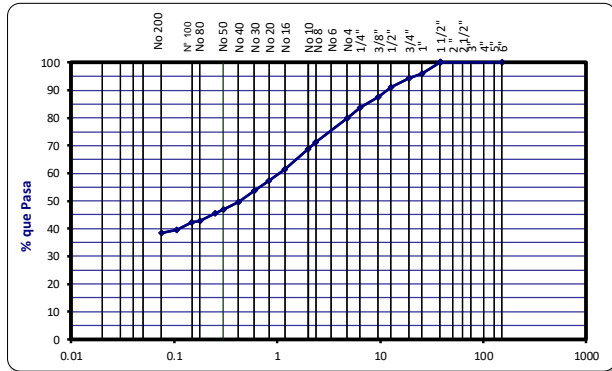
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107 - 2016

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	22.1	3.9	3.9	96.1
3/4"	19.050	9.8	1.7	5.7	94.3
1/2"	12.700	18.2	3.2	8.9	91.1
3/8"	9.525	19.3	3.4	12.3	87.7
1/4"	6.350	22.4	4.0	16.3	83.7
No. 4	4.760	21.5	3.8	20.2	79.8
No. 8	2.360	49.4	8.8	29.0	71.0
No. 10	2.000	12.9	2.3	31.3	68.7
No. 16	1.190	41.6	7.4	38.7	61.3
No. 20	0.834	23.5	4.2	42.9	57.1
No. 30	0.600	19.7	3.5	46.4	53.6
No. 40	0.420	22.4	4.0	50.4	49.6
No. 50	0.300	15.6	2.8	53.2	46.8
No. 60	0.250	7.9	1.4	54.6	45.4
No. 80	0.177	14.5	2.6	57.2	42.8
No. 100	0.149	3.7	0.7	57.9	42.1
No. 140	0.106	14.1	2.5	60.4	39.6
No. 200	0.075	7.3	1.3	61.7	38.3
-200		216.3	38.3	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : SC
CLASIFICACIÓN AASHTO : A-4(0)

- Arena Arcillosa con grava



Peso Inicial (g) : 562.2

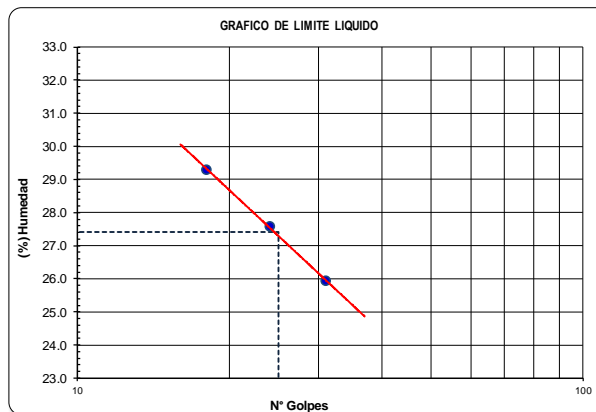
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2016	HUM. NAT. MTC E 108
Capsula Nro	7	29
Peso de la Capsula (g)	15.67	16.24
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	26.26	26.98
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	24.74	25.47
Peso del Agua (g)	1.52	1.51
Peso del Suelo Seco (g)	9.07	9.23
Contenido de Humedad (%)	16.76	16.36
PROMEDIO	17.0	15.9

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2016)		
	24	36	53
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)	22.41	28.96	28.48
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	40.23	45.10	46.13
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	36.56	41.61	42.13
Numero de Golpes	31	24	18
Peso del agua (g)	3.67	3.49	4.00
Peso del Suelo Seco (g)	14.15	12.65	13.65
Contenido de Humedad (%)	25.9	27.6	29.3

CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : 27 LIMITE PLÁSTICO : 17 IND. PLASTICIDAD : 10



Graciela del Carmen Castilla Ramos
Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
Especialista en Geotecnia
CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

111786-LAB11-20200412-03

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A. **PROYECTO** : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima -
 : Lima - Miraflores.
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020 **CLIENTE** : NEXA PERÚ

STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS
ASTM D 3080 / D 3080M - 11

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

Coordenadas : E. 0367917 / N. 8824560 Ubicación : Cerro de Pasco
 Muestra : M-1 Profundidad (m) : 0.00 - 1.60
 Descripción : - Arena Arcillosa con grava Fecha : 12/04/2020

DESCRIPCIÓN DEL SUELO

Clasificación SUCS (ASTM D 2484-11)	SC	Límite Líquido (ASTM D 4318-10)	(%)	27
Clasificación Obras Viales (ASTM D 3482-09)	A-4(0)	Límite Plástico (ASTM D 4318-10)	(%)	17
Tamaño Máximo (mm) (NTP 400.012-2001)	38.1	Mat. más Fino N° 200 (ASTM D 1140-00)	(%)	38.3
Consistencia (s. fino) (NTP 339.150-2001)	--	Cementación (s. grueso) (NTP 339.150-2001)		--

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO

DESCRIPCIÓN	63.1 KPa	126.2 KPa	252.5 KPa
Diámetro (cm)	6.29	6.29	6.29
Área (cm ²)	31.07	31.07	31.07
Altura Inicial (cm)	1.92	1.92	1.92
Altura Final (cm)	1.84	1.82	1.76
Volumen Inicial (cm ³)	59.66	59.66	59.66
Volumen Final (cm ³)	57.05	56.69	54.80
Relación Diámetro / Altura	3.28	3.28	3.28
Condición de la Estructura del Suelo	Remoldeado		
Peso Húmedo Inicial (g)	102.54	102.54	102.54
Peso Húmedo Final (g)	112.02	111.07	110.86
Peso Seco (g)	89.73	89.73	89.73
Humedad Inicial (ASTM D 2216-05) (%)	14.27	14.27	14.27
Humedad Final (ASTM D 2216-05) (%)	24.84	23.78	23.54
Densidad Húmeda Inicial (g/cm ³)	1.719	1.719	1.719
Densidad Húmeda Final (g/cm ³)	1.964	1.959	2.023
Densidad Seca Inicial (g/cm ³)	1.504	1.504	1.504
Densidad Seca Final (g/cm ³)	1.573	1.583	1.638

CALIBRACION DEL ANILLO DE CARGA

MARCA	ELE - International	N° de serie dial indicador	
Capacidad del anillo	4.5 kN (1000 lb ó 460 kg)	N° de serie del anillo	78 - 0260 - 02112
Producto N°		Factor del Anillo de Corte (N)	Y = -0.00000550X ² + 0.38263990X + 0.119666666663761

Referencias:

- ASTM D 3080/3080-11 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions
- ASTM D 422-63(2007) Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
- ASTM D 4318-10 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
- ASTM D 2487-11 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classifications system)
- ASTM D 2216-10 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass
- ASTM D 3282-09 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes
- ASTM D 1140-00(2006) Standard test for amount of material in soils finer than the N°200 sieve

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasante la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humed

Fecha de emisión : domingo, 12 de Abril de 2020




 Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Especialista en Geotecnia
 CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

111786-LAB11-20200412-03

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A. **PROYECTO** : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Povenir
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima -
 Lima - Miraflores. **CLIENTE** : NEXA PERÚ
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020

STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS
ASTM D 3080 / D 3080M - 11

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

Coordenadas : E. 0367917 / N. 8824560 Ubicación : Cerro de Pasco
 Muestra : M-1 Profundidad (m) : 0.00 - 1.60
 Descripción : - Arena Arcillosa con grava Fecha : 12/04/2020

Etapa	63.1 KPa		126.2 KPa		252.5 KPa	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (cm)	1.92	1.84	1.92	1.82	1.92	1.76
Volumen (cm ³)	59.66	57.05	59.66	56.69	59.66	54.80
Humedad (%)	14.27	24.84	14.27	23.78	14.27	23.54
Densidad Seca (g/cm ³)	1.504	1.573	1.504	1.583	1.504	1.638
Esfuerzo al corte (kPa)	39.3		73.7		141.3	

Desplaz Horiz. (mm)	ESFUERZO NORMAL 63.1KPa				ESFUERZO NORMAL 126.2KPa				ESFUERZO NORMAL 252.5KPa			
	Desplaz Vert. (mm)	Lect. Dial Fuerza	Fuerza (kgf)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz Vert. (mm)	Lect. Dial Fuerza	Fuerza (kgf)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz Vert. (mm)	Lect. Dial Fuerza	Fuerza (kgf)	Esfuerzo Corte (kPa)
0.00	0.668	0.0	0.00	0.00	0.758	0.0	0.00	0.00	1.374	0.0	0.00	0.00
0.50	0.744	15.0	5.68	17.94	0.846	23.0	8.69	27.43	1.392	75.0	28.24	89.13
1.00	0.808	23.0	8.69	27.43	0.878	35.0	13.20	41.67	1.402	86.0	32.38	102.18
1.50	0.816	26.0	9.82	30.99	0.912	44.0	16.59	52.35	1.422	92.0	34.63	109.30
2.00	0.824	27.3	10.30	32.51	0.924	49.0	18.47	58.28	1.428	98.0	36.89	116.42
2.50	0.828	29.0	10.95	34.55	0.930	52.0	19.59	61.84	1.432	103.0	38.77	122.35
3.00	0.832	30.0	11.32	35.73	0.938	55.0	20.72	65.40	1.442	107.0	40.27	127.10
3.50	0.836	31.0	11.70	36.92	0.942	57.0	21.47	67.77	1.436	109.0	41.02	129.47
4.00	0.838	33.0	12.45	39.29	0.946	58.0	21.85	68.96	1.452	111.0	41.78	131.85
4.50	0.840	33.0	12.45	39.29	0.950	59.0	22.23	70.15	1.478	113.0	42.53	134.22
5.00					0.952	60.0	22.60	71.33	1.502	115.0	43.28	136.59
5.50					0.954	61.0	22.98	72.52	1.522	117.0	44.03	138.96
6.00					0.956	62.0	23.35	73.70	1.562	118.0	44.41	140.15
6.50									1.566	119.0	44.78	141.34
7.00												
7.50												
8.00												
8.50												
9.00												
9.50												
10.00												
10.50												
11.00												
11.50												

Referencias:

ASTM D 3080/3080- Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasando la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humedad proporcionada por el solicitante

Fecha de emisión : domingo, 12 de Abril de 2020



Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Especialista en Geotecnia
 CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

111786-LAB11-20200412-03

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A. **PROYECTO** : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir

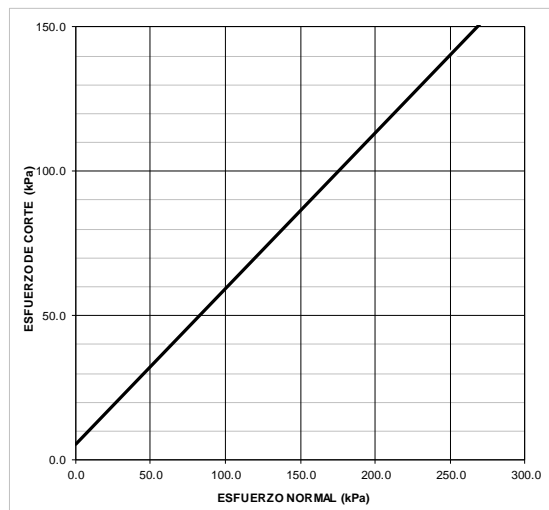
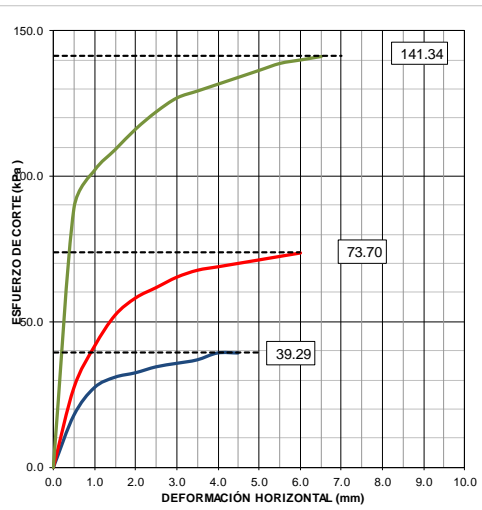
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima - Lima - Miraflores.

REFERENCIA : Expediente N° 001-2020 **CLIENTE** : NEXA PERÚ

**STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS
ASTM D 3080 / D 3080M - 11**

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

Coordenadas : E. 0367917 / N. 8824560 Ubicación : Cerro de Pasco
Muestra : M-1 Profundidad (m) : 0.00 - 1.60
Descripción : - Arena Arcillosa con grava Fecha : 12/04/2020



RESULTADOS DE ENSAYO

COHESIÓN	Kpa	5.48	ÁNGULO DE FRICCIÓN (φ)	28.3°
-----------------	------------	-------------	-------------------------------	--------------

Referencias:

ASTM D 3080/3080-11 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasando la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humedad proporcionada por el solicitante

Fecha de emisión : domingo, 12 de Abril de 2020



Graciela del Carmen Castilla Ramos
Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
Especialista en Geotecnia
CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

111786--20200412-04

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A. **PROYECTO** : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima - Lima - Miraflores.
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020 **CLIENTE** : NEXA PERÚ

Datos de la Muestra

Tipo de sondeo : Calicata **Ubicación** : Cerro de Pasco
Calicata / Muestra : C-04 / M-1 **Profundidad** : 0.00 - 3.00
Coordenadas : E. 0367926 / N. 8824592 **Fecha** : 12/04/2020

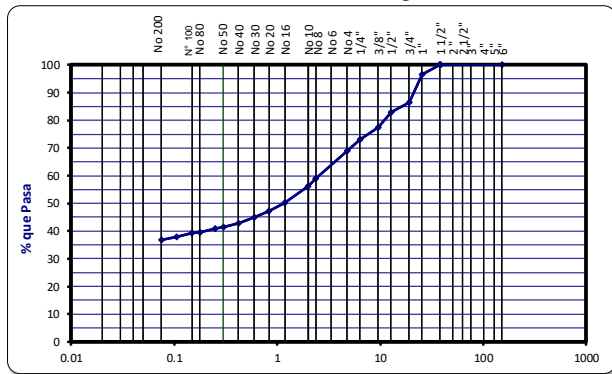
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

MTC E 107 - 2016

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	21.1	3.3	3.3	96.7
3/4"	19.050	65.0	10.2	13.6	86.4
1/2"	12.700	22.1	3.5	17.0	83.0
3/8"	9.525	34.5	5.4	22.5	77.5
1/4"	6.350	28.5	4.5	27.0	73.0
No. 4	4.760	25.3	4.0	31.0	69.1
No. 8	2.360	64.5	10.2	41.2	58.9
No. 10	2.000	16.8	2.6	43.8	56.3
No. 16	1.190	38.1	6.0	49.8	50.3
No. 20	0.834	18.9	3.0	52.8	47.3
No. 30	0.600	14.0	2.2	55.0	45.1
No. 40	0.420	13.1	2.1	57.1	43.0
No. 50	0.300	9.0	1.4	58.5	41.6
No. 60	0.250	4.3	0.7	59.2	40.9
No. 80	0.177	8.5	1.3	60.5	39.6
No. 100	0.149	2.2	0.3	60.8	39.3
No. 140	0.106	9.2	1.4	62.2	37.9
No. 200	0.075	6.3	1.0	63.2	36.9
-200		233.5	36.9	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : SC
CLASIFICACIÓN AASHTO : A-6(0)

- Arena Arcillosa con grava



Peso Inicial (g) : 634.9

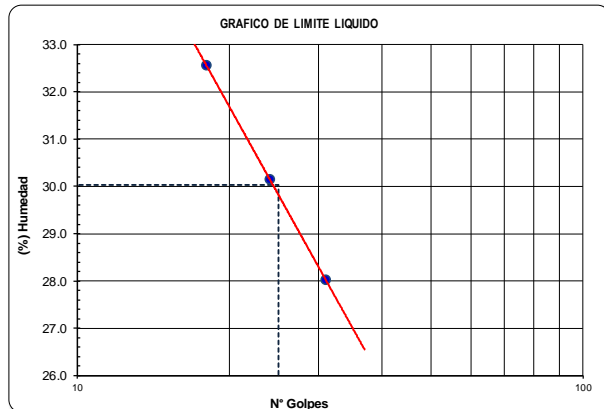
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

Capsula Nro	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2016		HUM. NAT. MTC E 108
	29	51	
Capsula Nro	29	51	55
Peso de la Capsula (g)	16.24	13.55	479.0
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	29.78	26.93	2418.1
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	27.63	24.84	2153.4
Peso del Agua (g)	2.15	2.09	265
Peso del Suelo Seco (g)	11.39	11.29	1674.40
Contenido de Humedad (%)	18.88	18.51	15.81
PROMEDIO	19.0		15.8

Capsula Nro	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2016)		
	37	33	45
Capsula Nro	37	33	45
Peso de la Capsula (g)	28.54	28.96	29.23
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	45.85	48.00	47.55
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	42.06	43.59	43.05
Numero de Golpes	31	24	18
Peso del agua (g)	3.79	4.41	4.50
Peso del Suelo Seco (g)	13.52	14.63	13.82
Contenido de Humedad (%)	28.0	30.1	32.6

CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : 30 LIMITE PLÁSTICO : 19 IND. PLASTICIDAD : 11



Graciela del Carmen Castilla Ramos
Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
Especialista en Geotecnia
CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

111786-LAB11-20200412-04

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A. **PROYECTO** : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima -
 Lima - Miraflores. **CLIENTE** : NEXA PERÚ
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020

STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS
ASTM D 3080 / D 3080M - 11

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

Coordenadas : E. 0367926 / N. 8824592 **Ubicación** : Cerro de Pasco
Muestra : M-1 **Profundidad (m)** : 0.00 - 3.00
Descripción : - Arena Arcillosa con grava **Fecha** : 12/04/2020

DESCRIPCIÓN DEL SUELO

Clasificación SUCS	(ASTM D 2484-11)	SC	Límite Líquido	(ASTM D 4318-10)	(%)	30
Clasificación Obras Viales	(ASTM D 3482-09)	A-6(0)	Límite Plástico	(ASTM D 4318-10)	(%)	19
Tamaño Máximo (mm)	(NTP 400.012-2001)	38.1	Mat. más Fino N° 200	(ASTM D 1140-00)	(%)	36.9
Consistencia (s. fino)	(NTP 339.150-2001)	-.-	Cementación (s. grueso)	(NTP 339.150-2001)		-.-

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO

DESCRIPCIÓN		63.1 KPa			126.2 KPa			252.5 KPa		
Diámetro	(cm)	6.29	6.29	6.29	6.29	6.29	6.29	6.29	6.29	6.29
Área	(cm ²)	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07	31.07
Altura Inicial	(cm)	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92	1.92
Altura Final	(cm)	1.83	1.79	1.79	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75	1.75
Volumen Inicial	(cm ³)	59.66	59.66	59.66	59.66	59.66	59.66	59.66	59.66	59.66
Volumen Final	(cm ³)	56.72	55.63	55.63	54.31	54.31	54.31	54.31	54.31	54.31
Relación Diámetro / Altura		3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28	3.28
Condición de la Estructura del Suelo		Remoldeado								
Peso Húmedo Inicial	(g)	104.54	104.54	104.54	104.54	104.54	104.54	104.54	104.54	104.54
Peso Húmedo Final	(g)	109.68	107.65	107.65	106.06	106.06	106.06	106.06	106.06	106.06
Peso Seco	(g)	91.27	91.27	91.27	91.27	91.27	91.27	91.27	91.27	91.27
Humedad Inicial	(ASTM D 2216-05) (%)	14.54	14.54	14.54	14.54	14.54	14.54	14.54	14.54	14.54
Humedad Final	(ASTM D 2216-05) (%)	20.17	17.95	17.95	16.21	16.21	16.21	16.21	16.21	16.21
Densidad Húmeda Inicial	(g/cm ³)	1.752	1.752	1.752	1.752	1.752	1.752	1.752	1.752	1.752
Densidad Húmeda Final	(g/cm ³)	1.934	1.935	1.935	1.953	1.953	1.953	1.953	1.953	1.953
Densidad Seca Inicial	(g/cm ³)	1.530	1.530	1.530	1.530	1.530	1.530	1.530	1.530	1.530
Densidad Seca Final	(g/cm ³)	1.609	1.641	1.641	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680	1.680

CALIBRACION DEL ANILLO DE CARGA

MARCA	ELE - International	N° de serie dial indicador	
Capacidad del anillo	4.5 kN (1000 lb ó 460 kg)	N° de serie del anillo	78 - 0260 - 02112
Producto N°		Factor del Anillo de Corte (N)	Y=0.000000183X ² +0.376X+0.043

Referencias:

- ASTM D 3080/3080-11 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions
- ASTM D 422-63(2007) Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
- ASTM D 4318-10 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
- ASTM D 2487-11 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classifications system)
- ASTM D 2216-10 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass
- ASTM D 3282-09 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes
- ASTM D 1140-00(2006) Standard test for amount of material in soils finer than the N°200 sieve

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasante la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humed

Fecha de emisión : domingo, 12 de Abril de 2020




 Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Especialista en Geotecnia
 CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

111786-LAB11-20200412-04

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A. **PROYECTO** : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Povenir
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima -
Lima - Miraflores. **CLIENTE** : NEXA PERÚ
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020

STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS
ASTM D 3080 / D 3080M - 11

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

Coordenadas : E. 0367926 / N. 8824592 Ubicación : Cerro de Pasco
Muestra : M-1 Profundidad (m) : 0.00 - 3.00
Descripción : - Arena Arcillosa con grava Fecha : 12/04/2020

Etapa	63.1 KPa		126.2 KPa		252.5 KPa	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (cm)	1.92	1.83	1.92	1.79	1.92	1.75
Volumen (cm ³)	59.66	56.72	59.66	55.63	59.66	54.31
Humedad (%)	14.54	20.17	14.54	17.95	14.54	16.21
Densidad Seca (g/cm ³)	1.530	1.609	1.530	1.641	1.530	1.680
Esfuerzo al corte (kPa)	33.4		73.7		129.5	

Desplaz Horiz. (mm)	ESFUERZO NORMAL 63.1KPa				ESFUERZO NORMAL 126.2KPa				ESFUERZO NORMAL 252.5KPa			
	Desplaz Vert. (mm)	Lect. Dial Fuerza	Fuerza (kgf)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz Vert. (mm)	Lect. Dial Fuerza	Fuerza (kgf)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz Vert. (mm)	Lect. Dial Fuerza	Fuerza (kgf)	Esfuerzo Corte (kPa)
0.00	0.780	0.0	0.00	0.00	0.902	0.0	0.00	0.00	1.222	0.0	0.00	0.00
0.50	0.798	14.0	5.31	16.75	0.922	23.0	8.69	27.43	1.268	50.0	18.84	59.47
1.00	0.806	18.0	6.81	21.49	0.948	38.0	14.33	45.23	1.288	68.0	25.61	80.82
1.50	0.826	20.0	7.56	23.87	0.968	47.0	17.71	55.91	1.308	76.0	28.62	90.32
2.00	0.846	22.0	8.31	26.24	0.978	52.0	19.59	61.84	1.338	81.0	30.50	96.25
2.50	0.862	24.0	9.07	28.61	0.982	55.0	20.72	65.40	1.408	86.0	32.38	102.18
3.00	0.882	25.0	9.44	29.80	0.992	57.0	21.47	67.77	1.426	90.0	33.88	106.93
3.50	0.898	26.0	9.82	30.99	1.014	58.0	21.85	68.96	1.502	95.0	35.76	112.86
4.00	0.906	27.0	10.19	32.17	1.085	59.0	22.23	70.15	1.526	99.0	37.27	117.61
4.50	0.926	28.0	10.57	33.36	1.120	60.0	22.60	71.33	1.604	103.0	38.77	122.35
5.00	0.946	28.0	10.57	33.36	1.186	61.0	22.98	72.52	1.624	105.0	39.52	124.73
5.50					1.256	62.0	23.35	73.70	1.688	107.0	40.27	127.10
6.00					1.298	62.0	23.35	73.70	1.708	108.0	40.65	128.29
6.50									1.722	109.0	41.02	129.47
7.00												
7.50												
8.00												
8.50												
9.00												
9.50												
10.00												
10.50												
11.00												
11.50												

Referencias:

ASTM D 3080/3080 - Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasando la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humedad proporcionada por el solicitante

Fecha de emisión : domingo, 12 de Abril de 2020



Graciela del Carmen Castilla Ramos
Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
Especialista en Geotecnia
CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

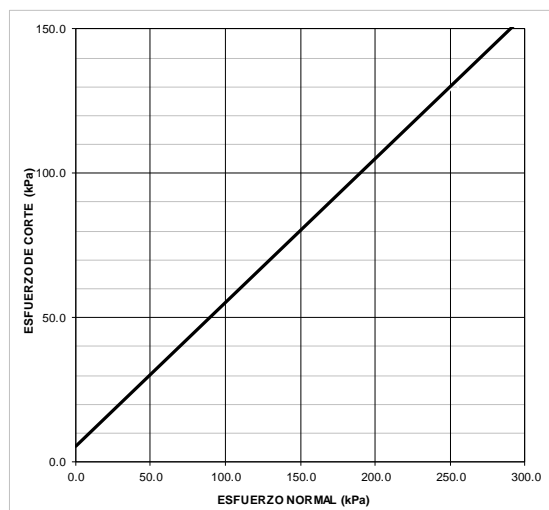
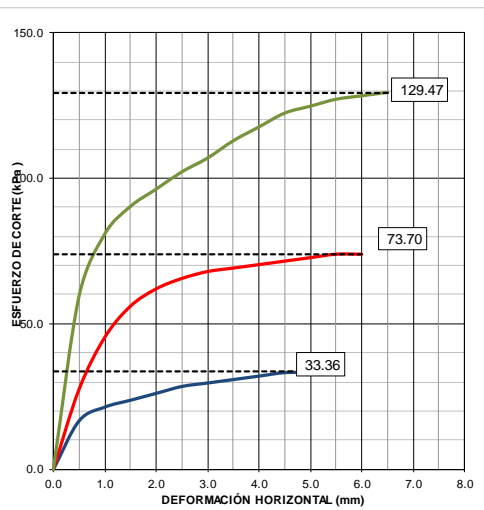
111786-LAB11-20200412-04

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A. **PROYECTO** : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima - Lima - Miraflores.
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020 **CLIENTE** : NEXA PERÚ

STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS
ASTM D 3080 / D 3080M - 11

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

Coordenadas : E. 0367926 / N. 8824592 Ubicación : Cerro de Pasco
Muestra : M-1 Profundidad (m) : 0.00 - 3.00
Descripción : - Arena Arcillosa con grava Fecha : 12/04/2020



RESULTADOS DE ENSAYO

COHESIÓN	Kpa	4.29	ÁNGULO DE FRICCIÓN (φ)	26.5°
-----------------	------------	-------------	-------------------------------	--------------

Referencias:

ASTM D 3080/3080-11 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasando la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humedad proporcionada por el solicitante

Fecha de emisión : domingo, 12 de Abril de 2020



Gracia del Carmen Castilla Ramos
Ing. Gracia del Carmen Castilla Ramos
Especialista en Geotecnia
CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

111786--20200412-05

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A. **PROYECTO** : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima - Lima - Miraflores.
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020 **CLIENTE** : NEXA PERÚ

Datos de la Muestra

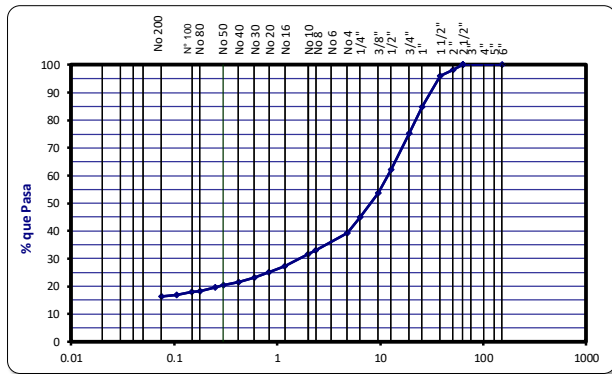
Tipo de sondeo : Calicata **Ubicación** : Cerro de Pasco
Calicata / Muestra : C-05 / M-1 **Profundidad** : 0.00 - 0.70
Coordenadas : E. 0367921 / N. 8824542 **Fecha** : 12/04/2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107 - 2016

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				100.0
2"	50.800	281.3	1.9	1.9	98.1
1 1/2"	38.100	330.2	2.2	4.1	95.9
1"	25.400	1682.4	11.2	15.3	84.7
3/4"	19.050	1421.9	9.5	24.8	75.2
1/2"	12.700	1953.6	13.0	37.8	62.2
3/8"	9.525	1259.3	8.4	46.2	53.8
1/4"	6.350	1305.8	8.7	55.0	45.0
No. 4	4.760	868.8	5.8	60.8	39.2
No. 8	2.360	90.2	6.3	67.1	32.9
No. 10	2.000	20.2	1.4	68.5	31.5
No. 16	1.190	62.0	4.3	72.8	27.2
No. 20	0.834	32.0	2.2	75.0	25.0
No. 30	0.600	26.3	1.8	76.8	23.2
No. 40	0.420	26.3	1.8	78.6	21.4
No. 50	0.300	15.6	1.1	79.7	20.3
No. 60	0.250	10.8	0.7	80.4	19.6
No. 80	0.177	20.0	1.4	81.8	18.2
No. 100	0.149	4.1	0.3	82.1	17.9
No. 140	0.106	12.5	0.9	83.0	17.0
No. 200	0.075	9.0	0.6	83.6	16.4
-200		236.8	16.4	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : GC
CLASIFICACIÓN AASHTO : A-2-6(0)
- Grava Arcillosa con Arena



Peso Inicial (g) : 14983.0 **Peso Fracción (g)** : 565.8

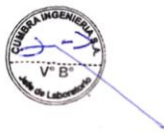
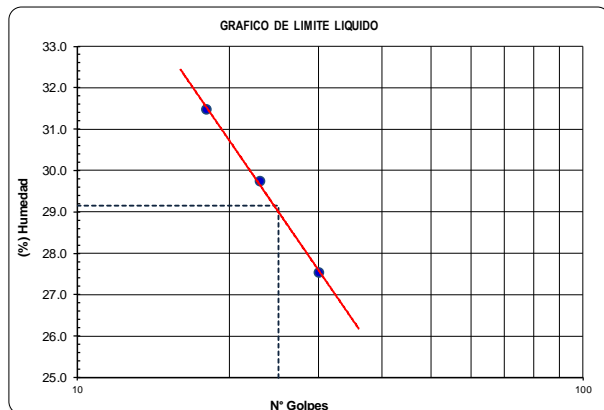
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

Capsula Nro	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2016		HUM. NAT. MTC E 108
	48	51	48
Peso de la Capsula (g)	12.93	13.55	492.7
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	23.00	23.39	2186.4
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	21.62	22.07	2061.7
Peso del Agua (g)	1.38	1.32	125
Peso del Suelo Seco (g)	8.69	8.52	1569.00
Contenido de Humedad (%)	15.88	15.49	7.95
PROMEDIO	16.0		7.9

Capsula Nro	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2016)		
	42	52	37
Peso de la Capsula (g)	28.42	28.22	28.54
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	46.48	46.28	46.71
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	42.58	42.14	42.36
Numero de Golpes	30	23	18
Peso del agua (g)	3.90	4.14	4.35
Peso del Suelo Seco (g)	14.16	13.92	13.82
Contenido de Humedad (%)	27.5	29.7	31.5

CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : 29 **LIMITE PLÁSTICO** : 16 **IND. PLASTICIDAD** : 13



Graciela del Carmen Castilla Ramos
Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Especialista en Geotecnia
 CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

111786-LAB11-20200412-05

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A.
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima -
 Lima - Miraflores.
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020

PROYECTO : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la
 construcción del nuevo campamento - Unidad
 Minera El Porvenir
CLIENTE : NEXA PERÚ

STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS
ASTM D 3080 / D 3080M - 11

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

Coordenadas : E. 0367921 / N. 8824542 **Ubicación** : Cerro de Pasco
Muestra : M-1 **Profundidad (m)** : 0.00 - 0.70
Descripción : - Grava Arcillosa con Arena **Fecha** : 12/04/2020

DESCRIPCIÓN DEL SUELO

Clasificación SUCS	(ASTM D 2484-11)	GC	Límite Líquido	(ASTM D 4318-10)	(%)	29
Clasificación Obras Viales	(ASTM D 3482-09)	A-2-6(0)	Límite Plástico	(ASTM D 4318-10)	(%)	16
Tamaño Máximo (mm)	(NTP 400.012-2001)	38.1	Mat. más Fino N° 200	(ASTM D 1140-00)	(%)	16.4
Consistencia (s. fino)	(NTP 339.150-2001)	--	Cementación (s. grueso)	(NTP 339.150-2001)		--

CARACTERÍSTICAS DE LOS ESPECÍMENES DE ENSAYO

DESCRIPCIÓN		63.1 KPa	126.2 KPa	252.5 KPa
Diámetro	(cm)	6.29	6.29	6.29
Área	(cm ²)	31.07	31.07	31.07
Altura Inicial	(cm)	1.92	1.92	1.92
Altura Final	(cm)	1.84	1.82	1.80
Volumen Inicial	(cm ³)	59.66	59.66	59.66
Volumen Final	(cm ³)	57.17	56.69	55.91
Relación Diámetro / Altura		3.28	3.28	3.28
Condición de la Estructura del Suelo		Remoldeado		
Peso Húmedo Inicial	(g)	109.14	109.14	109.14
Peso Húmedo Final	(g)	122.01	119.65	115.83
Peso Seco	(g)	100.88	100.88	100.88
Humedad Inicial	(ASTM D 2216-05) (%)	8.19	8.19	8.19
Humedad Final	(ASTM D 2216-05) (%)	20.95	18.61	14.83
Densidad Húmeda Inicial	(g/cm ³)	1.829	1.829	1.829
Densidad Húmeda Final	(g/cm ³)	2.134	2.111	2.072
Densidad Seca Inicial	(g/cm ³)	1.691	1.691	1.691
Densidad Seca Final	(g/cm ³)	1.765	1.779	1.804

CALIBRACION DEL ANILLO DE CARGA

MARCA	ELE - International	N° de serie dial indicador	
Capacidad del anillo	4.5 kN (1000 lb ó 460 kg)	N° de serie del anillo	78 - 0260 - 02112
Producto N°		Factor del Anillo de Corte (N)	Y=-0.000000183X+0.376X+0.043

Referencias:

- ASTM D 3080/3080-11 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions
- ASTM D 422-63(2007) Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates
- ASTM D 4318-10 Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils
- ASTM D 2487-11 Standard classification of soils for engineering purposes (Unified soil classifications system)
- ASTM D 2216-10 Standard test method for laboratory determination of water (moisture) content of soil and rock by mass
- ASTM D 3282-09 Standard practice for classification of soils-aggregate mixtures for highway construction purposes
- ASTM D 1140-00(2006) Standard test for amount of material in soils finer than the N°200 sieve

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasante la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humed

Fecha de emisión : domingo, 12 de Abril de 2020




 Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Especialista en Geotecnia
 CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

111786-LAB11-20200412-05

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A. **PROYECTO** : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Povenir
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima -
 Lima - Miraflores. **CLIENTE** : NEXA PERÚ
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020

STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS
ASTM D 3080 / D 3080M - 11

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

Coordenadas : E. 0367921 / N. 8824542 Ubicación : Cerro de Pasco
 Muestra : M-1 Profundidad (m) : 0.00 - 0.70
 Descripción : - Grava Arcillosa con Arena Fecha : 12/04/2020

Etapa	63.1 KPa		126.2 KPa		252.5 KPa	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (cm)	1.92	1.84	1.92	1.82	1.92	1.80
Volumen (cm ³)	59.66	57.17	59.66	56.69	59.66	55.91
Humedad (%)	8.19	20.95	8.19	18.61	8.19	14.83
Densidad Seca (g/cm ³)	1.691	1.765	1.691	1.779	1.691	1.804
Esfuerzo al corte (kPa)	31.0		77.3		139.0	

Desplaz Horiz. (mm)	ESFUERZO NORMAL 63.1KPa				ESFUERZO NORMAL 126.2KPa				ESFUERZO NORMAL 252.5KPa			
	Desplaz Vert. (mm)	Lect. Dial Fuerza	Fuerza (kgf)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz Vert. (mm)	Lect. Dial Fuerza	Fuerza (kgf)	Esfuerzo Corte (kPa)	Desplaz Vert. (mm)	Lect. Dial Fuerza	Fuerza (kgf)	Esfuerzo Corte (kPa)
0.00	0.668	0.0	0.00	0.00	0.758	0.0	0.00	0.00	1.058	0.0	0.00	0.00
0.50	0.682	12.0	4.55	14.38	0.846	22.0	8.31	26.24	1.124	48.0	18.09	57.09
1.00	0.702	18.0	6.81	21.49	0.878	35.0	13.20	41.67	1.132	65.0	24.48	77.26
1.50	0.712	20.0	7.56	23.87	0.912	44.0	16.59	52.35	1.136	79.0	29.75	93.88
2.00	0.720	22.0	8.31	26.24	0.924	50.0	18.84	59.47	1.142	90.0	33.88	106.93
2.50	0.728	23.0	8.69	27.43	0.930	54.0	20.35	64.21	1.152	99.0	37.27	117.61
3.00	0.732	24.0	9.07	28.61	0.938	57.0	21.47	67.77	1.158	106.0	39.90	125.91
3.50	0.748	25.0	9.44	29.80	0.942	60.0	22.60	71.33	1.166	111.0	41.78	131.85
4.00	0.752	25.0	9.44	29.80	0.946	62.0	23.35	73.70	1.172	114.0	42.90	135.40
4.50	0.788	26.0	9.82	30.99	0.950	63.0	23.73	74.89	1.182	115.0	43.28	136.59
5.00	0.802	26.0	9.82	30.99	0.952	64.0	24.11	76.08	1.194	116.0	43.66	137.78
5.50					0.954	64.0	24.11	76.08	1.198	117.0	44.03	138.96
6.00					0.956	65.0	24.48	77.26	1.202	117.0	44.03	138.96
6.50									1.206	117.0	44.03	138.96
7.00												
7.50												
8.00												
8.50												
9.00												
9.50												
10.00												
10.50												
11.00												
11.50												

Referencias:

ASTM D 3080/3080- Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasando la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humedad proporcionada por el solicitante

Fecha de emisión : domingo, 12 de Abril de 2020



Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
 ESPECIALISTA EN GEOTECNIA
 CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

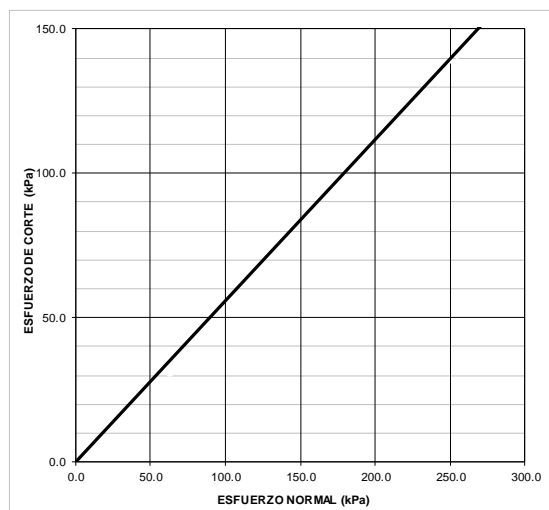
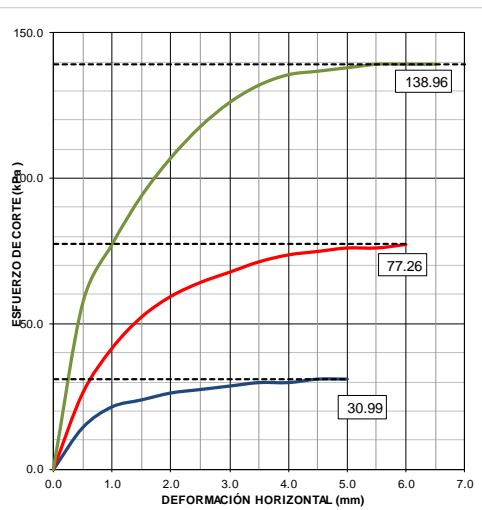
111786-LAB11-20200412-05

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A. **PROYECTO** : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima - Lima - Miraflores.
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020 **CLIENTE** : NEXA PERÚ

STANDARD TEST METHOD FOR DIRECT SHEAR TEST OF SOILS UNDER CONSOLIDATED DRAINED CONDITIONS
ASTM D 3080 / D 3080M - 11

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

Coordenadas : E. 0367921 / N. 8824542 Ubicación : Cerro de Pasco
 Muestra : M-1 Profundidad (m) : 0.00 - 0.70
 Descripción : - Grava Arcillosa con Arena Fecha : 12/04/2020



RESULTADOS DE ENSAYO				
COHESIÓN	Kpa	0.14	ÁNGULO DE FRICCIÓN (φ)	29.2°

Referencias:

ASTM D 3080/3080-11 Standard test method for direct shear test of soils under consolidated drained conditions

OBSERVACIONES:

- (*) Ensayo realizado a la muestra pasando la malla N° 4.
- La muestra fue remoldeada a las condiciones de densidad y humedad proporcionada por el solicitante

Fecha de emisión : domingo, 12 de Abril de 2020



Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Especialista en Geotecnia
 CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

111786--20180412-06

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A.
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima - Lima - Miraflores.
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020

PROYECTO : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir
CLIENTE : NEXA PERÚ

Datos de la Muestra

Tipo de sondeo : Calicata **Ubicación** : Cerro de Pasco
Calicata / Muestra : C-06 / M-1 **Profundidad** : 0.00 - 0.30
Coordenadas : E. 0367950 / N. 8824547 **Fecha** : 12/04/2020

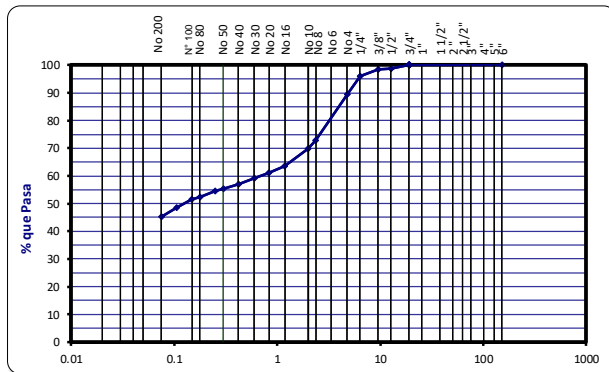
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107 - 2016

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				100.0
1/2"	12.700	8.1	1.2	1.2	98.8
3/8"	9.525	2.9	0.4	1.7	98.3
1/4"	6.350	16.1	2.4	4.1	95.9
No. 4	4.760	42.0	6.4	10.5	89.5
No. 8	2.360	109.4	16.6	27.1	72.9
No. 10	2.000	20.6	3.1	30.2	69.8
No. 16	1.190	40.9	6.2	36.4	63.6
No. 20	0.834	16.2	2.5	38.9	61.1
No. 30	0.600	13.1	2.0	40.9	59.1
No. 40	0.420	14.1	2.1	43.0	57.0
No. 50	0.300	10.8	1.6	44.6	55.4
No. 60	0.250	6.0	0.9	45.5	54.5
No. 80	0.177	14.7	2.2	47.7	52.3
No. 100	0.149	4.9	0.7	48.4	51.6
No. 140	0.106	21.1	3.2	51.6	48.4
No. 200	0.075	20.2	3.1	54.7	45.3
-200		298.0	45.3	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : SC
CLASIFICACIÓN AASHTO : A-4(1)

- Arena Arcillosa



Peso Inicial (g) : 659.1

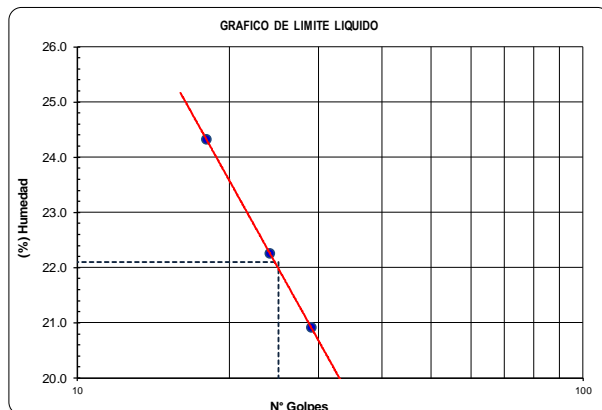
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

Capsula Nro	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2016		HUM. NAT. MTC E 108
	43	49	
Peso de la Capsula (g)	11.40	12.10	489.3
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	25.16	27.22	1872.3
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	23.36	25.50	1762.0
Peso del Agua (g)	1.80	1.72	110
Peso del Suelo Seco (g)	11.96	13.40	1272.70
Contenido de Humedad (%)	15.05	12.84	8.67
PROMEDIO	14.0		8.7

Capsula Nro	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2016)		
	54	32	46
Peso de la Capsula (g)	28.63	29.02	28.57
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	46.20	45.99	44.67
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	43.16	42.90	41.52
Numero de Golpes	29	24	18
Peso del agua (g)	3.04	3.09	3.15
Peso del Suelo Seco (g)	14.53	13.88	12.95
Contenido de Humedad (%)	20.9	22.3	24.3

CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : 22 **LIMITE PLÁSTICO** : 14 **IND. PLASTICIDAD** : 8



Graciela del Carmen Castilla Ramos
Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
Especialista en Geotecnia
CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS
INFORME DE ENSAYO

111786--20180412-07

SOLICITANTE : CUMBRA INGENIERÍA S.A. **PROYECTO** : 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir
DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima - Lima - Miraflores.
REFERENCIA : Expediente N° 001-2020 **CLIENTE** : NEXA PERÚ

Datos de la Muestra

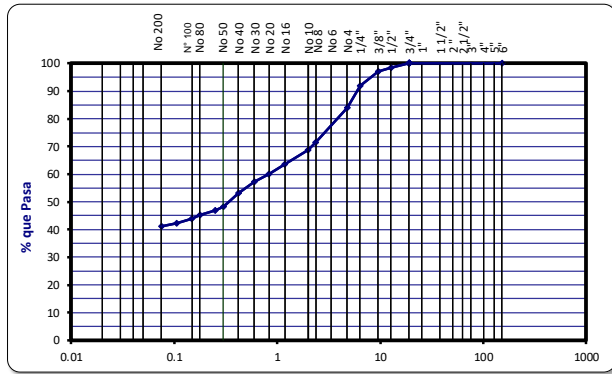
Tipo de sondeo : Calicata **Ubicación** : Cerro de Pasco
Calicata / Muestra : C-07 / M-2 **Profundidad** : 0.70 - 1.80
Coordenadas : E. 0367850 / N. 8824572 **Fecha** : 12/04/2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107 - 2016

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				100.0
1/2"	12.700	10.7	1.6	1.6	98.4
3/8"	9.525	9.5	1.4	3.0	97.0
1/4"	6.350	34.3	5.1	8.1	91.9
No. 4	4.760	53.9	8.0	16.1	83.9
No. 8	2.360	84.5	12.5	28.6	71.4
No. 10	2.000	18.5	2.7	31.3	68.7
No. 16	1.190	35.6	5.3	36.6	63.4
No. 20	0.834	23.2	3.4	40.0	60.0
No. 30	0.600	18.5	2.7	42.7	57.3
No. 40	0.420	28.5	4.2	46.9	53.1
No. 50	0.300	32.3	4.8	51.7	48.3
No. 60	0.250	8.5	1.3	53.0	47.0
No. 80	0.177	12.4	1.8	54.8	45.2
No. 100	0.149	8.6	1.3	56.1	43.9
No. 140	0.106	10.5	1.6	57.7	42.3
No. 200	0.075	7.8	1.2	58.9	41.1
-200		276.8	41.1	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : SC
CLASIFICACIÓN AASHTO : A-7-6(6)
- Arena Arcillosa con grava



Peso Inicial (g) : 674.1

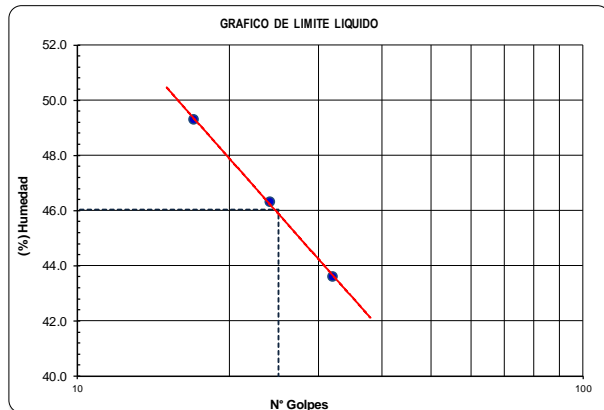
DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

Capsula Nro	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2016		HUM. NAT. MTC E 108
	45	41	54
Peso de la Capsula (g)	12.72	12.97	489.1
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	25.14	25.41	2868.8
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	23.02	23.31	2602.3
Peso del Agua (g)	2.12	2.10	267
Peso del Suelo Seco (g)	10.30	10.34	2113.20
Contenido de Humedad (%)	20.58	20.31	12.61
PROMEDIO	20.0		12.6

Capsula Nro	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2016)		
	38	48	46
Peso de la Capsula (g)	27.69	27.82	28.57
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	45.90	47.34	47.86
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	40.37	41.16	41.49
Numero de Golpes	32	24	17
Peso del agua (g)	5.53	6.18	6.37
Peso del Suelo Seco (g)	12.68	13.34	12.92
Contenido de Humedad (%)	43.6	46.3	49.3

CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : 46 **LIMITE PLÁSTICO** : 20 **IND. PLASTICIDAD** : 26



Graciela del Carmen Castilla Ramos
Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Especialista en Geotecnia
 CIP N° 83015



Ensayos en rocas

LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO

111786-70-LAB13-20200413-01

PROPIETARIO : CUMBRA INGENIERÍA S.A. PROYECTO: 111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir
 DIRECCIÓN : Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima - Lima
 - Miraflores. CLIENTE: NEXA PERÚ S.A.C.
 REFERENCIA : Expediente N° 001-2020

Los ensayos se realizaron siguiendo la Norma ASTM C97-02, obteniendo los siguientes resultados:

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA ROCA

ASTM C 97 -02

Muestra	Diámetro (cm)	Altura (cm)	Densidad seca (g/cm ³)	Densidad húmeda (g/cm ³)	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)	Peso específico Aparente (KN/m ³)
M-1 (EG-01)	5.84	2.73	2.59	2.60	0.34	0.13	25.45
	5.80	2.73	2.56	2.57	0.35	0.14	25.12
	5.84	2.65	2.61	2.62	0.35	0.13	25.61
	5.84	2.68	2.62	2.63	0.28	0.11	25.74
PROMEDIO			2.60	2.61	0.33	0.13	25.48
M-3 (EG-03)	5.87	2.98	2.63	2.64	0.25	0.09	25.83
	5.85	2.88	2.59	2.60	0.19	0.07	25.41
	5.86	2.83	2.61	2.62	0.26	0.10	25.65
	5.85	3.03	2.60	2.61	0.18	0.07	25.53
PROMEDIO			2.61	2.62	0.22	0.08	25.61
M-6 (EG-06)	5.51	3.00	2.65	2.66	0.21	0.08	26.01
	5.52	3.01	2.64	2.65	0.48	0.18	25.90
	5.54	3.07	2.59	2.60	0.40	0.16	25.42
	5.54	3.07	2.64	2.64	0.17	0.06	25.87
PROMEDIO			2.63	2.64	0.32	0.12	25.80
M-14 (EG-14)	6.02	2.95	2.67	2.68	0.18	0.07	26.23
	6.02	2.95	2.69	2.70	0.30	0.11	26.43
	6.07	2.91	2.73	2.74	0.30	0.11	26.78
	6.03	2.96	2.68	2.69	0.32	0.12	26.27
PROMEDIO			2.69	2.70	0.27	0.10	26.43
M-17 (EG-17)	5.82	2.82	2.62	2.63	0.27	0.10	25.70
	5.83	2.83	2.62	2.62	0.13	0.05	25.69
	5.83	2.80	2.64	2.64	0.33	0.13	25.85
	5.80	2.84	2.56	2.56	0.20	0.08	25.10
PROMEDIO			2.61	2.61	0.23	0.09	25.58
M-19 (EG-19)	5.55	3.06	2.66	2.67	0.34	0.13	26.09
	5.59	3.00	2.67	2.68	0.20	0.08	26.24
	5.50	3.04	2.73	2.73	0.14	0.05	26.78
	5.55	3.03	2.70	2.70	0.27	0.10	26.44
PROMEDIO			2.69	2.70	0.24	0.09	26.39




 Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Especialista en Geotecnia
 CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO
111786-70-LAB12-20200410-01

SOLICITANTE	CUMBRA INGENIERÍA S.A.	PROYECTO	111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir
DIRECCIÓN	Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima - Lima - Miraflores.		
REFERENCIA	Expediente N° 001-2020	CLIENTE	NEXA PERÚ S.A.C.

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL EN ROCA

ASTM D5731-02

Muestra	Carga de rotura (kN)	D _e (mm)	I _{s(50)} (MPa)	k	21
				Resistencia a la Compresión simple (MPa)	Promedio (MPa)
M-1 (EG-01)	18.56	64.64	5.05	106.06	105.30
	20.10	65.58	5.28	110.88	
	19.32	64.65	5.19	108.96	
	18.13	65.39	4.78	100.47	
	19.78	69.33	4.77	100.10	
M-2 (EG-02)	17.13	70.31	4.11	86.29	88.94
	17.83	69.46	4.28	89.98	
	16.74	69.36	4.03	84.67	
	16.30	64.30	4.41	92.71	
	16.25	64.94	4.33	91.03	
M-3 (EG-03)	15.27	66.01	4.03	84.55	80.32
	14.65	68.15	3.63	76.15	
	13.58	68.25	3.35	70.42	
	14.98	63.21	4.17	87.49	
	15.28	66.24	3.95	83.00	
M-4 (EG-04)	29.70	67.22	7.62	160.04	164.03
	29.80	68.21	7.37	154.67	
	28.85	65.48	7.60	159.53	
	29.11	65.45	7.67	161.09	
	29.87	60.89	8.80	184.85	
M-5 (EG-05)	14.50	66.56	3.78	79.28	85.39
	15.18	64.82	4.06	85.25	
	16.20	63.83	4.44	93.19	
	14.60	67.04	3.71	77.85	
	15.73	63.43	4.35	91.36	
M-6 (EG-06)	14.20	66.82	3.68	77.20	77.56
	14.62	65.97	3.81	79.92	
	14.01	67.51	3.52	73.90	
	15.36	67.17	3.89	81.65	
	13.51	65.24	3.58	75.14	
M-7 (EG-07)	14.72	67.13	3.79	79.49	84.75
	15.44	66.47	3.97	83.42	
	15.70	64.41	4.24	89.06	
	15.86	64.92	4.23	88.88	
	15.95	68.16	3.95	82.89	




 Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Especialista en Geotecnia
 CIP N°83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO
111786-70-LAB12-20200410-02

SOLICITANTE	CUMBRA INGENIERÍA S.A.	PROYECTO	111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir
DIRECCIÓN	Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima - Lima - Miraflores.		
REFERENCIA	Expediente N° 001-2020	CLIENTE	NEXA PERÚ S.A.C.

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL EN ROCA

ASTM D5731-02

Muestra	Carga de rotura (kN)	D _e (mm)	I _{s(50)} (MPa)	k	21
				Resistencia a la Compresión simple (MPa)	Promedio (MPa)
M-8 (EG-08)	18.10	67.38	4.63	97.19	100.77
	18.05	66.59	4.63	97.25	
	18.69	66.97	4.75	99.78	
	19.34	66.71	4.95	103.91	
	19.95	67.31	5.03	105.71	
M-9 (EG-09)	19.23	67.65	4.89	102.65	100.40
	18.68	67.46	4.70	98.65	
	18.59	66.20	4.81	101.08	
	17.74	65.23	4.70	98.68	
	18.12	65.16	4.81	100.96	
M-10 (EG-10)	11.54	65.11	3.11	65.24	65.55
	11.72	65.50	3.08	64.78	
	11.85	66.09	3.08	64.60	
	12.76	66.60	3.27	68.74	
	12.18	67.41	3.07	64.40	
M-11 (EG-11)	14.64	68.61	3.64	76.51	78.29
	14.44	67.28	3.65	76.57	
	13.96	65.41	3.68	77.33	
	13.75	65.06	3.66	76.80	
	14.86	64.45	4.01	84.23	
M-12 (EG-12)	13.13	64.55	3.58	75.19	73.64
	13.02	64.34	3.52	73.99	
	13.34	64.05	3.64	76.34	
	12.25	64.03	3.34	70.14	
	12.62	63.88	3.45	72.52	
M-13 (EG-13)	11.11	64.54	3.03	63.64	66.54
	11.72	64.65	3.15	66.10	
	11.87	64.63	3.19	66.98	
	12.52	64.71	3.36	70.51	
	11.67	64.87	3.12	65.48	
M-14 (EG-14)	20.14	70.37	4.83	101.33	108.22
	21.14	70.33	4.98	104.65	
	22.74	67.71	5.69	119.40	
	22.25	68.23	5.50	115.43	
	19.79	69.28	4.77	100.27	




 Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Especialista en Geotecnia
 CIP N° 83015



LABORATORIO DE MECÁNICA DE ROCAS, SUELOS Y PAVIMENTOS

INFORME DE ENSAYO
111786-70-LAB12-20200410-03

SOLICITANTE	CUMBRA INGENIERÍA S.A.	PROYECTO	111786 - Ingeniería de Factibilidad para la construcción del nuevo campamento - Unidad Minera El Porvenir
DIRECCIÓN	Av. Petit Thouars Nro 4957 Int. 501 (Piso 5) Lima - Lima - Miraflores.		
REFERENCIA	Expediente N° 001-2020	CLIENTE	NEXA PERÚ S.A.C.

ENSAYO DE CARGA PUNTUAL EN ROCA

ASTM D5731-02

Muestra	Carga de rotura (kN)	D _e (mm)	I _{s(50)} (MPa)	k	21
				Resistencia a la Compresión simple (MPa)	Promedio (MPa)
M-15 (EG-15)	27.7450	67.32	7.10	149.19	149.75
	27.6400	68.40	6.80	142.84	
	27.7000	65.13	7.36	154.46	
	27.9500	67.37	7.04	147.88	
	27.4400	64.76	7.35	154.38	
M-16 (EG-16)	20.7800	65.90	5.49	115.35	112.18
	21.3600	67.29	5.39	113.23	
	21.7200	66.37	5.60	117.63	
	20.6400	67.88	5.14	107.95	
	20.3800	67.83	5.08	106.72	
M-17 (EG-17)	29.3720	68.40	7.34	154.21	153.95
	28.0020	68.03	6.95	145.93	
	29.6500	68.08	7.35	154.36	
	29.9850	67.77	7.49	157.20	
	30.7700	68.67	7.53	158.05	
M-18 (EG-18)	17.9700	66.44	4.69	98.54	102.35
	17.3400	63.40	4.80	100.80	
	17.2500	64.26	4.68	98.20	
	18.1500	64.11	4.94	103.70	
	19.8200	65.13	5.26	110.52	
M-19 (EG-19)	22.5400	69.13	5.55	116.47	115.59
	22.0800	68.79	5.39	113.11	
	22.1000	66.23	5.72	120.08	
	21.4500	67.98	5.33	111.92	
	21.6400	66.67	5.54	116.37	




 Ing. Graciela del Carmen Castilla Ramos
 Especialista en Geotecnia
 CIP N° 83015



Anexo 3

Formatos de estaciones geomecánicas (SMR-RMR)

MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	76	Utiología	Calizas
Estración	EG-01	Este	367.915	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	175	Norte	8.824.419	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100-250	50-100	25-50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90-100	75-90	50-75	25-50	< 25
Valoración	20	17	13	8	3
Espesamiento (m)	> 2,00	0,60-2,00	0,20-0,60	0,06-0,20	< 0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1,00	1,00-3,00	3,00-10,00	10,00-20,00	> 20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0,10	0,10-1,00	1,00-5,00	> 5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno	Ni riego	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm	
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Fluyendo
Valoración	15	10	7	4	0

Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excavación con buzamiento	Exrav. contra buzamiento	45°-90°	20°-45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			
0°-20°			
Desfavorable			

Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valoración RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala
Tiempo de sostenimiento (5m diámetro)	10 años	6 meses (8m)	15 min. (5m)	10 hor. (2,5m)	30 min. (1m)
Coesión (kg/cm ²)	> 4	3-4	2-3	1-2	< 1
Ángulo Fricción (°)	> 45	35-45	25-35	15-25	< 15

Valoración SMR	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Mala	Muy mala
Estabilidad	Totalmente estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchos cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas por planos continuos o por la masa	

Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación
-------------	---------	-----------	-------------	------------	---------------

DATOS TOMADOS EN CAMPO Y RESULTADOS

Tipos de estructuras		F		Falla	
		MF		Microfalia	
		C		Contacto	
		D		Diaclisa	
		E		Estratificación	
RQD (Palinstrom)		RQD = 110-2.5L _v			
L _v		25			
RQD (%)		48			



Fotografía de detalle del macizo rocoso

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)

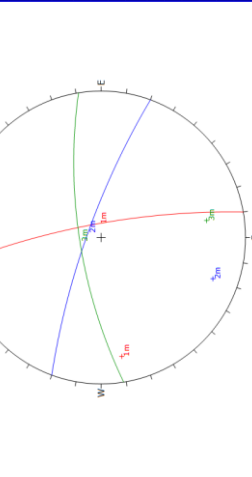
Familia	Tipo	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	α _c	RQD	Espesamiento	Persistencia	Abertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua sub.	RMR _{sub}
1	Estratific.	79	80	7	8	8	2	5	3	4	3	15	55
2	Diaclisa	79	20	7	8	5	4	5	3	4	3	15	54
3	Diaclisa	73	351	7	8	10	4	5	3	4	3	15	59
4													
5													

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)

RMR _{basco}	54	Tipo de obra	Taludes
RMR _{ajustado}	49	Ajuste por orientación de discontinuidades	Favorable
RMR ₉₅ (Condiciones secas y muy favorables)	54	Valor de ajuste	-5
Clase	III	Método de excavación	Voladura regular

Calidad	Regular
Ángulo de fricción interna (°)	29.5
Coesión (MPa)	245

Diagrama estereográfico



MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	75	Litología	Calizas
Dir. Buz. Talud (°)	EG-02	Este	367,930	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	175	Norte	8,824,446	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espesamiento (m)	> 2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	< 0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	> 20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	> 5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Pluviendo
Valoración	15	10	7	4	0

Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excavación con buzamiento	Excv. contra buzamiento	Excav. con buzamiento	Excav. contra buzamiento
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			Media
0° - 20°			
Desfavorable			

Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Malta	Muy mala
Tiempo de sostenimiento	10 años (5m diámetro)	6 meses (8m diámetro)	15 min. (5m diámetro)	10 hor. (2,5m diámetro)	30 min. (1m diámetro)
Angulo Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Malta	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas por planos continuos o por la masa	Grandes roturas por juntas o grandes cuñas

Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación
-------------	---------	-----------	-------------	------------	---------------

DATOS TOMADOS EN CAMPO Y RESULTADOS

Tipos de estructuras	F	Falla
	Mf	Microfalia
	C	Contacto
	D	Diadisa
	E	Estratificación

RQD (Palinstrom)	
RQD - 110 - 2,5 l.	35
RQD (%)	23

Discontinuidades identificadas en campo					
Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)
45	140	80	75	82	80
62	138	80	78	80	80
85	80	80	81	80	80
82	80	80	82	78	82
84	78	80	78	82	82
80	82	80	48	144	144
85	83	80	48	145	145
78	80	80	62	140	140
45	142	60	60	144	144
48	138	60	65	135	135
46	140	40	40	137	137
65	136	42	42	135	135
74	82				
60	138				
59	142				
47	145				
45	136				
78	78				

Fotografía de detalle del macizo rocoso



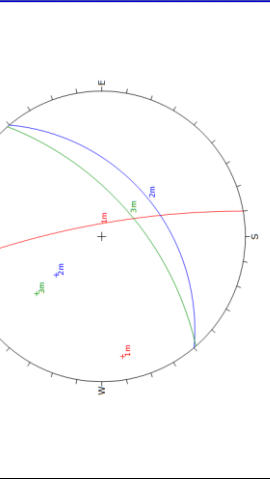
Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)

Familia	1	2	3	4	5
Tipos	Estratific.	Diadisa	Diadisa		
Buz. (°)	80	45	62		
Dir. Buz. (°)	80	140	139		
q _c	7	3	7		
RQD	3	3	3		
Espesamiento	5	5	5		
Persistencia	2	1	1		
Abertura	1	1	1		
Rugosidad	3	3	3		
Relleno	2	2	2		
Alteración	1	3	3		
Agua subter.	15	15	15		
RMR _{baso}	39	34	39		

Clasificación Geomecánica SMR (Romana, 1997)

Familia	1	2	3	4
Buz. (°)	80	45	62	
Dir. Buz. (°)	80	140	139	
SMR	32	32	32	
Clase	IV	IV	IV	
Calidad	Malta	Malta	Malta	
Angulo de fricción interna (°)	22	22	22	
Cohesión (KPa)	170	170	170	

Diagrama estereográfico



MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	76	Uitología	Calizas
Estación	EG-03	Este	367.952	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	175	Norte	8.824.460	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espesamiento (m)	> 2.00	0.60 - 2.00	0.20 - 0.60	0.06 - 0.20	< 0.06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1.00	1.00 - 3.00	3.00 - 10.00	10.00 - 20.00	> 20.00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0.10	0.10 - 1.00	1.00 - 5.00	> 5.00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Pluvendo
Valoración	15	10	7	4	0

Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excavación con buzamiento	Excv. contra buzamiento	45° - 90°	20° - 45°
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			Media
0° - 20°			
Desfavorable			

Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Malá	Muy mala
Tiempo de sostenimiento (5m diámetro)	10 años (5m diámetro)	6 meses (8m diámetro)	15 min. (5m diámetro)	10 hor. (2.5m diámetro)	30 min. (1m diámetro)
Coheión (kg/cm ²)	> 4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	< 1
Angulo Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Malá	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable

Returas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa
Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Re-excavación

Tipos de estructuras		Dir. Buz. (°)		Buz. (°)		Tipo		Dir. Buz. (°)		Buz. (°)	
F	Falla	60	135	D	62	D	150	D	62	D	142
Mf	Microfalia	139	135	D	60	D	135	D	60	D	139
C	Contacto	140	85	D	58	D	85	D	58	D	140
D	Diadisa	145	190	D	22	D	190	D	22	D	145
E	Estratificación	82	138	E	80	E	138	E	80	E	82
		148	80	D	22	D	80	D	22	D	148
		150	78	D	20	D	78	D	20	D	150
		192	142	F	84	F	142	F	84	F	192
		78	86	F	82	F	86	F	82	F	78
		152	138	D	18	D	138	D	18	D	152
		148	88	D	18	D	88	D	18	D	148
		188	188	D	78	D	188	D	78	D	188
		192	192	D	76	D	192	D	76	D	192
		148	148	D	22	D	148	D	22	D	148
		82	82	E	78	E	82	E	78	E	82
		80	80	E	84	E	80	E	84	E	80

Discontinuidades identificadas en campo

Fotografía de detalle del macizo rocoso

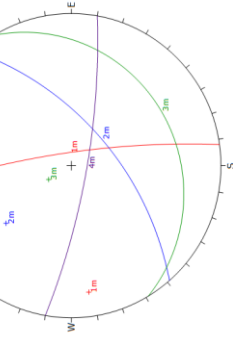


Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)										
Familia	Tipo	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	q _c	RQD	Espesamiento	Persistencia	Abertura	Rugosidad	Relleno
1	Falla	80	82	7	8	10	1	1	1	1
2	Diadisa	60	139	7	8	8	4	1	3	4
3	Diadisa	20	149	7	8	8	4	1	3	4
4	Diadisa	78	190	7	8	10	2	1	3	4
5										

Valoración del RMR del Macizo rocoso (Bieniawski, 1989)		Tipo de Obra	
RMR _{básico}	47	Ajuste por orientación de discontinuidades	Taludes
RMR _{ajustado}	42	Valor de ajuste	Favorable
RMR ₃₀ (Condiciones secas y muy favorables)	47	Método de excavación	-5
Clase	III		Voladura regular

Valoración del SMR (Romano, 1997)		Clase	
Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	F1	F2
80	82	0.15	1.00
60	139	0.15	1.00
20	149	0.15	1.00
78	190	0.15	2.00
SMR			43
Clase			III
Descripción			Normal
Estabilidad			Parcialmente Estable
Returas			Algunas juntas o muchas cuñas
Tratamiento			Sistemático

Diagrama estereográfico



MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	76	Litología	Calizas
Dir. Buz. Talud (°)	EG-04	Este	367.973	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	175	Norte	8.824.455	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espesamiento (m)	> 2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	< 0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	> 20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	> 5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Pluvendo
Valoración	15	10	7	4	0

Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excav. con buzamiento	Excav. contra buzamiento	Excav. con buzamiento	Excav. contra buzamiento
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			Media
0° - 20°			
Desfavorable			

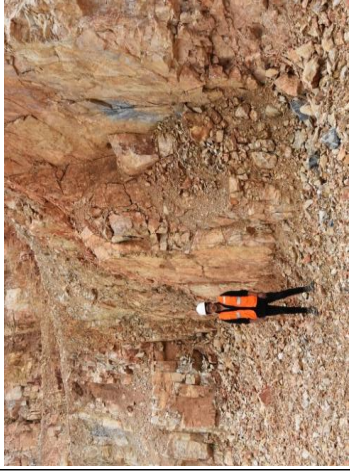
Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Malá	Muy mala
Tiempo de sostenimiento	10 años (5m diámetro)	6 meses (8m diámetro)	15 min. (5m diámetro)	10 min. (2,5m diámetro)	30 min. (1m diámetro)
Angulo Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Malá	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa

Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación
-------------	---------	-----------	-------------	------------	---------------

Tipos de estructuras					
F	Falla				
Mf	Microfalia				
C	Contacto				
D	Diadisa				
E	Estratificación				
RQD (Palinstrom)					
RQD = 110 - 2.5.L					
L = 18					
RQD (%) = 65					



Fotografía de detalle del macizo rocoso

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)										
Familia	Tipo	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	q _c	RQD	Espaciamiento	Persistencia	Abertura	Rugosidad	Relleno
1	Diadisa	60	157	12	13	10	4	1	3	2
2	Diadisa	30	250	12	13	15	2	1	3	2
3	Estratific.	80	255	12	13	8	2	1	3	2
4										
5										

Valoración del RMR del Macizo rocoso (Bieniawski, 1989)		Tipo de Obra	
RMR _{básico}	59	Ajuste por orientación de discontinuidades	Taludes
RMR _{ajustado}	54	Valor de ajuste	Favorable
RMR ₃₀ (Condiciones secas y muy favorables)	59	Método de excavación	Voladura regular
Clase	III		

Valoración de SMR (Romano, 1997)		Clase	
Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	F1	F2
60	157	0.70	1.00
30	250	0.15	0.40
80	255	0.15	1.00
SMR		19	
Clase		V	
Descripción		Muy mala	
Estabilidad		Totalmente inestable	
Roturas		Grandes roturas por planos continuos o por la masa	
Tratamiento		Re-excavación	

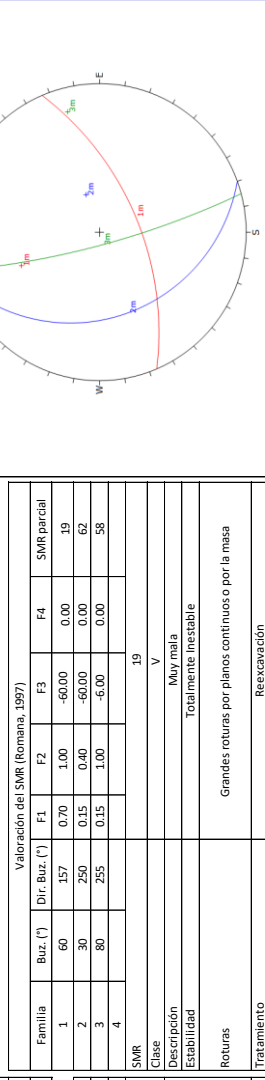


Diagrama estereográfico

MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	76	Uitología	Calizas
Dir. Buz. Talud (°)	198	Este	367.908	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	198	Norte	8.894.523	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espaciamiento (m)	> 2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	< 0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	> 20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	> 5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Pluyendo
Valoración	15	10	7	4	0

Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excavación con buzamiento	Excv. contra buzamiento	45° - 90°	20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			Media
0° - 20°			
Desfavorable			

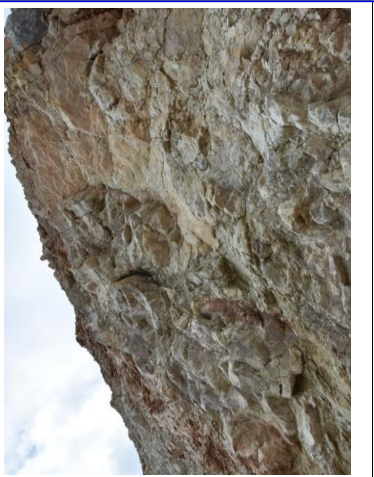
Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala
Tiempo de sostenimiento (5m diámetro)	10 años	6 meses (8m)	15 min. (5m)	10 hor. (2,5m)	30 min. (1m)
Cohesión (kg/cm ²)	> 4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	< 1
Ángulo Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Mala	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas por planos continuos o por la masa	Grandes roturas por juntas o grandes cuñas

Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación
-------------	---------	-----------	-------------	------------	---------------

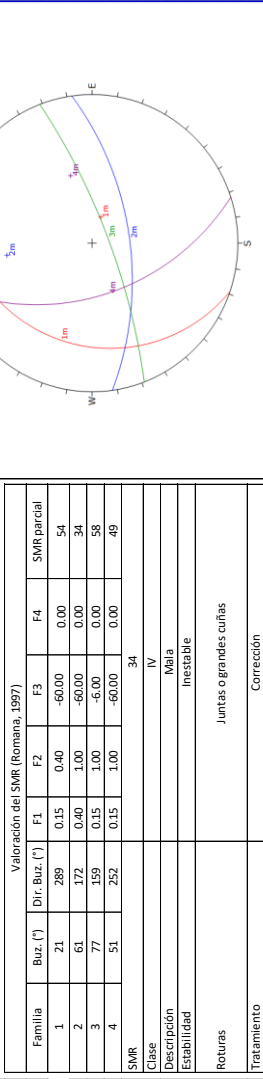
Tipos de estructuras		Dir. Buz. (°)		Buz. (°)		Tipo	
F	Falla	290	D	58	D	172	D
Mf	Microfalia	50	D	62	D	170	D
C	Contacto	170	D	25	D	280	D
D	Diadisa	75	F	78	F	158	F
E	Estratificación	52	D	62	D	168	D
RQD (Palinstrom)		RQD = 110 - 2,5L _i		RQD = 110 - 2,5L _i		RQD (%)	
		L _i = 20				60	



Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)										
Familia	Tipo	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	q _c	RQD	Espaciamiento	Persistencia	Abertura	Rugosidad	Relleno
1	Diadisa	21	289	7	13	10	2	1	3	4
2	Diadisa	61	172	7	13	8	4	1	3	4
3	Falla	77	159	7	13	20	1	1	1	0
4	Diadisa	51	252	7	13	8	4	1	3	4
5										

Valoración del RMR del Macizo rocoso (Bieniawski, 1989)		Tipo de Obra	
RMR _{básico}	58	Ajuste por orientación de discontinuidades	Taludes
RMR _{ajustado}	53	Valor de ajuste	Favorable
RMR ₃₀ (Condiciones secas y muy favorables)	58	Método de excavación	-5
Clase	III		Voladura regular

Valoración del SMR (Romano, 1997)		Clase	
Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	F1	F2
21	289	0.15	0.40
61	172	0.40	1.00
77	159	0.15	1.00
51	252	0.15	1.00
SMR		34	
Clase		IV	
Descripción		Mala	
Estabilidad		Inestable	
Roturas		Juntas o grandes cuñas	



MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	76	Uitología	Calizas
Dir. Buz. Talud (°)	175	Este	367.918	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	175	Norte	8.894.523	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espesamiento (m)	> 2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	< 0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	> 20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	> 5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Pluviendo
Valoración	15	10	7	4	0

Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excavación con buzamiento	Excm. contra buzamiento	45° - 90°	20° - 45°
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			Media
0° - 20°			
Desfavorable			

Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Malá	Muy mala
Tiempo de sostenimiento (5m diámetro)	10 años (5m diámetro)	6 meses (8m diámetro)	15 min. (5m diámetro)	10 hor. (2,5m diámetro)	30 min. (1m diámetro)
Cohesión (kg/cm ²)	> 4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	< 1
Ángulo de Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Malá	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa

Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación
-------------	---------	-----------	-------------	------------	---------------

DATOS TOMADOS EN CAMPO Y RESULTADOS					
Fotografía de detalle del macizo rocoso					
Tipos de estructuras	F	Falla			
	D	30	265	D	28
	D	85	165	D	30
	D	80	275	F	75
	F	80	90	F	75
	D	82	277	D	28
	D	80	155	D	30
	D	82	158	D	78
	D	78	159	D	75
	F	85	85	D	80
	F	82	84	F	82
	D	80	282	D	78
	F	78	82	D	32
	D	82	273		
	F	78	92		
	F	78	84		
	F	78	85		
	D	84	282		
	D	78	285		
Discontinuidades identificadas en campo					
RQD (Palinrom)					
RQD = 110 - 2.5L _i					
L _i = 25					
RQD (%) = 48					

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)					
Familia	Tipo	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	q _c	RMR _{básico}
1	Falla	79	87	7	20
2	Diadisa	30	268	7	8
3	Diadisa	79	165	7	8
4	Diadisa	81	279	7	8
5					5

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)					
RMR _{básico}	49	Tipos de estructuras			
RMR _{ajustado}	44	Abertura			
RMR ₃₀ (Condiciones secas y muy favorables)	49	Rugosidad			
Clase	III	Persistencia			
Calidad	Regular	Espesamiento			
Ángulo de fricción interna (°)	44	Relleno			
Cohesión (KPa)	49	Alteración			

Diagrama estereográfico					
Diagrama estereográfico					

Valoración del RMR del Macizo rocoso (Bieniawski, 1989)					
RMR _{básico}	49	Tipos de estructuras			
RMR _{ajustado}	44	Abertura			
RMR ₃₀ (Condiciones secas y muy favorables)	49	Rugosidad			
Clase	III	Persistencia			
Calidad	Regular	Espesamiento			
Ángulo de fricción interna (°)	44	Relleno			
Cohesión (KPa)	49	Alteración			

Diagrama estereográfico					
Diagrama estereográfico					

MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	76	Utiología	Calizas
Estación	EG-07	Este	367.901	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	175	Norte	8.894.901	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espesamiento (m)	> 2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	< 0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	> 20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	> 5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Pluvendo
Valoración	15	10	7	4	0

Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excav. con buzamiento	Excav. contra buzamiento	Excav. con buzamiento	Excav. contra buzamiento
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			Media
0° - 20°			
Desfavorable			

Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Malá	Muy mala
Tiempo de sostenimiento (5m diámetro)	10 años	6 meses (8m)	15 min. (5m)	10 hor. (2,5m)	30 min. (1m)
Cohesión (kg/cm ²)	> 4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	< 1
Ángulo Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Malá	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa

Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación
-------------	---------	-----------	-------------	------------	---------------

Tipos de estructuras					
F	Falla				
Mf	Microfalla				
C	Contacto				
D	Dielasia				
E	Estratificación				
RQD (Palinstrom)					
RQD = 110 - 2.5L _v					
L _v	18				
RQD (%)	65				



Fotografía de detalle del macizo rocoso

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)										
Familia	Tipo	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	q _c	RQD	Espesamiento	Persistencia	Abertura	Rugosidad	Relleno
1	Dielasia	41	101	7	13	8	4	1	3	4
2	Falla	63	140	7	13	15	1	1	1	2
3	Estratific.	52	278	7	13	15	1	1	3	4
4	Falla	73	305	7	13	5	4	1	1	4
5										

Valoración del RMR del Macizo rocoso (Bieniawski, 1989)		Tipo de Obra	
RMR _{basico}	53	Ajuste por orientación de discontinuidades	Taludes
RMR _{ajustado}	48	Valor de ajuste	Favorable
RMR ₃₀ (Condiciones secas y muy favorables)	53	Método de excavación	-5
Clase	III		Voladura regular

Valoración del SMR (Romano, 1997)		Tipo de Obra	
Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	F1	F2
41	101	0.15	0.85
63	140	0.15	1.00
52	278	0.15	1.00
73	305	0.15	1.00
SMR		46	
Clase		III	
Descripción		Normal	
Estabilidad		Parcialmente Estable	
Roturas		Algunas juntas o muchas cuñas	
Tratamiento		Sistemático	

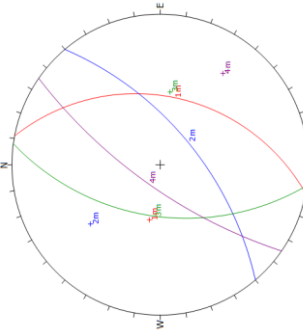


Diagrama estereográfico

MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	76	Litología	Calizas
Dir. Buz. Talud (°)	175	Este	367.909	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	175	Norte	8.824.485	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espesamiento (m)	> 2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	< 0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	> 20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	> 5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Rebello	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Fluyendo
Valoración	15	10	7	4	0

Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excav. con buzamiento	Excav. contra buzamiento	Excav. con buzamiento	Excav. contra buzamiento
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			Media
0° - 20°			
Desfavorable			

Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala
Tiempo de sostenimiento (5m diámetro)	10 años	6 meses (8m)	15 min. (5m)	10 hor. (2,5m)	30 min. (1m)
Cohesión (kg/cm ²)	> 4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	< 1
Ángulo Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Mala	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa

Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación
-------------	---------	-----------	-------------	------------	---------------

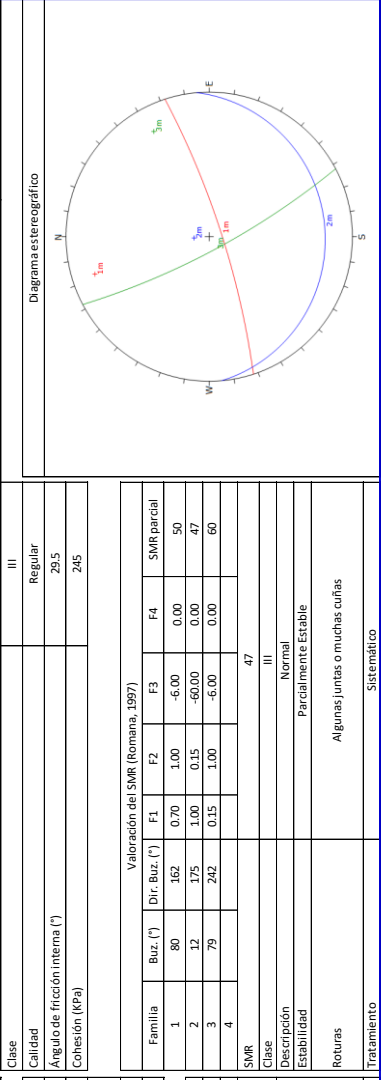
Tipos de estructuras					
F	Falla				
Mf	Microfalia				
C	Contacto				
D	Diadisa				
E	Estratificación				
RQD (Palinstrom)					
RQD = 110 - 2.5L _i					
L _i = 22					
RQD (%) = 55					



Discontinuidades identificadas en campo					
Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)
10	177	D	12	178	D
80	158	D	80	155	Mf
80	240	D	78	157	C
12	178	F	78	235	D
80	160	F	80	238	E
80	160	D	84	163	
82	168	D	13	172	
82	158	D	15	175	
78	155	F	80	238	
12	168	F	78	240	
13	170	D	10	165	
12	185	D	12	178	
78	165	D	169		
82	168	D	82	168	
80	252	F	80	252	
80	250	F	80	250	
82	165	D	82	165	

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)					
Familia	Tipo	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	q _c	RQD
1	Diadisa	80	162	7	13
2	Diadisa	12	175	7	13
3	Falla	79	242	7	13
4					
5					

Tipos de obra					
RMR _{bajo}	54	Tipo de obra			
RMR _{ajustado}	49	Ajuste por orientación de discontinuidades			
RMR ₃₀ (Condiciones secas y muy favorables)	54	Valor de ajuste			
Clase	III	Método de excavación			
Calidad	Regular	Taludes			
Ángulo de fricción interna (°)	29.5	Favorable			
Cohesión (KPa)	245	-5			



MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	76	Litología	Calizas
Estación	EG-09	Este	367.936	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	175	Norte	8.894.492	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espesamiento (m)	> 2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	< 0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	> 20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	> 5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Rebello	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Fluyendo
Valoración	15	10	7	4	0

Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excavación con buzamiento	Excv. contra buzamiento	45° - 90°	20° - 45°
20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°	20° - 45°
Muy favorable	Media	Muy desfav.	Media
Cualquier dirección			
0° - 20°			
Desfavorable			

Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60
Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Malá	Muy mala
Tiempo de sostenimiento (días)	10 años (5m diámetro)	6 meses (8m diámetro)	15 sem. (5m diámetro)	10 hor. (2,5m diámetro)	30 min. (1m diámetro)
Coherión (kg/cm ²)	> 4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	< 1
Ángulo Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15
Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Malá	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas por planos continuos o por la masa	Junta o grandes cuñas
Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación

Tipos de estructuras		Dir. Buz. (°)		Buz. (°)		Tipo	
F	Falla	24	274	D	62	D	250
MF	Microfalia	40	288	D	68	D	255
C	Contacto	65	255	D	40	D	282
D	Diadisa	85	90	D	42	D	288
E	Estratificación	86	92	D	44	D	272
		40	290	D	23	D	280
		42	288	D	25	D	282
		42	292	D	25	D	285
		65	260	D	68	D	252
		85	78	D	72	D	250
		85	82	D	30	D	280
		65	262	D	28	D	278
		82	92				
		80	89				
		25	268				
		24	265				
		80	78				
		82	80				

Discontinuidades identificadas en campo



Fotografía de detalle del macizo rocoso

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)										
Familia	Tipo	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	α _c	RQD	Espesamiento	Persistencia	Abertura	Rugosidad	Relleno
1	Diadisa	25	278	7	8	8	4	1	3	2
2	Diadisa	41	287	7	8	5	4	1	3	2
3	Diadisa	66	255	7	8	5	4	1	3	2
4	Falla	83	85	7	8	15	1	1	1	0
5										

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)		Tipo de Obra	
RMR bajo	Valoración del RMR del Macizo rocoso (Bieniawski, 1989)	Ajuste por orientación de discontinuidades	Taludes
RMR ajustado		Valor de ajuste	Favorable
RMR ₃₀ (Condiciones secas y muy favorables)		Método de excavación	-5
Clase			Voladura regular

Diagrama estereográfico																																																																									
<table border="1"> <tr> <th colspan="6">Valoración del SMR (Romano, 1997)</th> </tr> <tr> <th>Familia</th> <th>Buz. (°)</th> <th>Dir. Buz. (°)</th> <th>F1</th> <th>F2</th> <th>F3</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>25</td> <td>278</td> <td>0.15</td> <td>0.40</td> <td>-60.00</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>41</td> <td>287</td> <td>0.15</td> <td>0.85</td> <td>-60.00</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>66</td> <td>255</td> <td>0.15</td> <td>1.00</td> <td>-50.00</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>83</td> <td>85</td> <td>0.15</td> <td>1.00</td> <td>-6.00</td> </tr> <tr> <td>SMR</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>Clase</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>IV</td> </tr> <tr> <td>Descripción</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Malá</td> </tr> <tr> <td>Estabilidad</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Inestable</td> </tr> <tr> <td>Roturas</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Junta o grandes cuñas</td> </tr> <tr> <td>Tratamiento</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Corrección</td> </tr> </table>		Valoración del SMR (Romano, 1997)						Familia	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	F1	F2	F3	1	25	278	0.15	0.40	-60.00	2	41	287	0.15	0.85	-60.00	3	66	255	0.15	1.00	-50.00	4	83	85	0.15	1.00	-6.00	SMR					40	Clase					IV	Descripción					Malá	Estabilidad					Inestable	Roturas					Junta o grandes cuñas	Tratamiento					Corrección
Valoración del SMR (Romano, 1997)																																																																									
Familia	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	F1	F2	F3																																																																				
1	25	278	0.15	0.40	-60.00																																																																				
2	41	287	0.15	0.85	-60.00																																																																				
3	66	255	0.15	1.00	-50.00																																																																				
4	83	85	0.15	1.00	-6.00																																																																				
SMR					40																																																																				
Clase					IV																																																																				
Descripción					Malá																																																																				
Estabilidad					Inestable																																																																				
Roturas					Junta o grandes cuñas																																																																				
Tratamiento					Corrección																																																																				

MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	75	Litología	Calizas
Estación	EG-10	Este	367.924	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	175	Norte	8.824.498	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espesamiento (m)	> 2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	< 0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	> 20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	> 5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Rebello	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Pluviendo
Valoración	15	10	7	4	0

Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excavación con buzamiento	Excv. contra buzamiento	Excavación con buzamiento	Excavación con buzamiento
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			Media
0° - 20°			
Desfavorable			

Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Malá	Muy mala
Tiempo de sostenimiento (5m diámetro)	10 años	6 meses (8m)	15 min. (5m)	10 hor. (2,5m)	30 min. (1m)
Cohesión (kg/cm ²)	> 4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	< 1
Ángulo Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

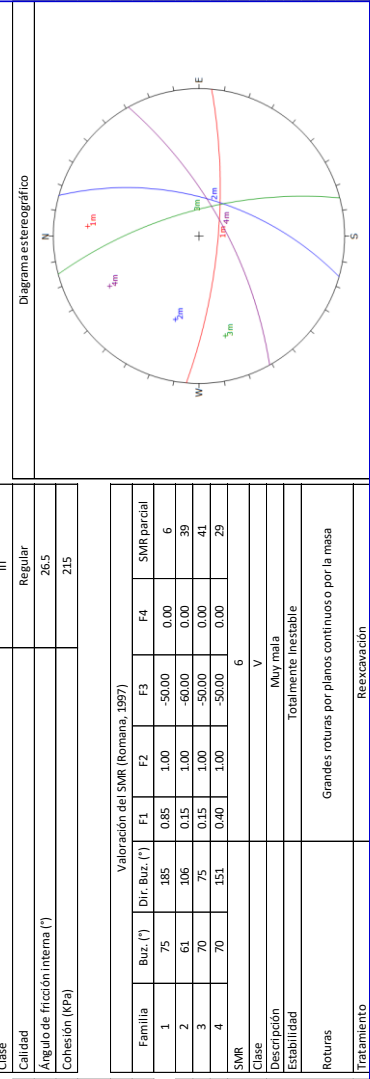
Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Malá	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas por planos continuos o por roturas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa

Taludes	0	-5	-25	-50	-60
Clase	III	II	I	Re-excavación	Re-excavación

DATOS TOMADOS EN CAMPO Y RESULTADOS					
Fotografía de detalle del macizo rocoso					
Tipos de estructuras					
F	Falla				
Mf	Microfalia				
C	Contacto				
D	Diaclisa				
E	Estratificación				
RQD (Palinstrom)					
RQD = 110 - 2,5L _i					
L _i = 33					
RQD (%) = 28					
Discontinuidades identificadas en campo					
Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)
75	184	D	62	100	
60	104	F	72	152	
68	75	F	70	155	
70	150	F	68	148	
68	72	D	78	182	
62	102	D	80	180	
75	182	D	78	182	
74	185	D	58	108	
62	105	D	60	110	
60	110	D	73	192	
74	182	D	72	192	
72	182	D	75	190	
60	112	D			
72	184	D			
70	75	D			
72	78	D			
70	74	D			
62	102	D			

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)					
Familia	Tipo	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	q _c	RQD
1	Diaclisa	75	185	7	8
2	Diaclisa	61	106	7	8
3	Diaclisa	70	75	7	8
4	Falla	70	151	7	8
5					

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)					
RMR _{básico}	Valoración del RMR del Macizo rocoso (Bieniawski, 1989)				
RMR _{ajustado}	Ajuste por orientación de discontinuidades				
RMR ₃₀ (Condiciones secas y muy favorables)	Valor de ajuste				
Clase	Método de excavación				
Calidad	Tipo de Obra				
Coherión (KPa)	Regular				
Ángulo de fricción interna (°)	26,5				
	215				



MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	76	Litología	Calizas
Dir. Buz. Talud (°)	EG-11	Este	367,947	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	175	Norte	8,894,485	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES	
-----------------------	--

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espesamiento (m)	> 2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	< 0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	> 20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	> 5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Pluvendo
Valoración	15	10	7	4	0

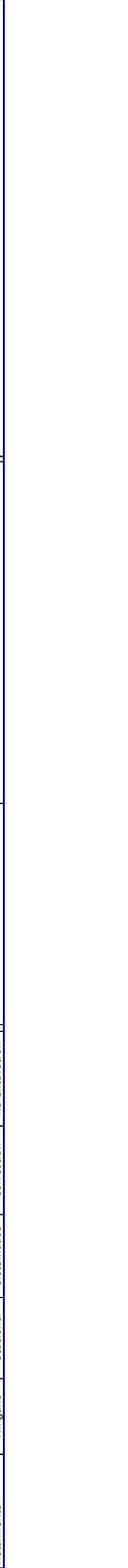
Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excavación con buzamiento	Excav. contra buzamiento		
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			Media
0° - 20°			
Desfavorable			

Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

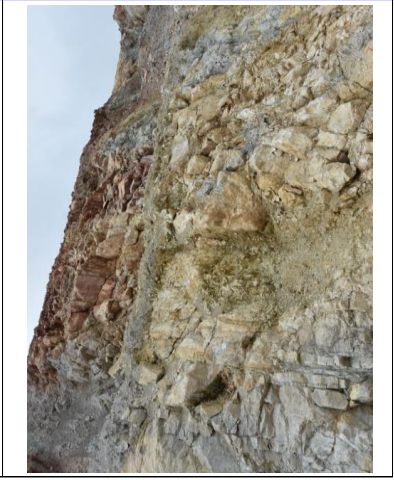
Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Mala	Muy mala
Tiempo de sostenimiento (5m diámetro)	10 años (5m diámetro)	6 meses (8m diámetro)	15 min. (5m diámetro)	10 hor. (2,5m diámetro)	30 min. (1m diámetro)
Angulo Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Mala	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Juntas o grandes cuñas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa

Taludes	Taludes
Ajuste por orientación de discontinuidades	Favorable
Valor de ajuste	-5
Método de excavación	Voladura regular



Fotografía de detalle del macizo rocoso



Tipos de estructuras	
F	Falla
Mf	Microfalia
C	Contacto
D	Diadisa
E	Estratificación

Discontinuidades identificadas en campo				
Tipos	Dir. Buz. (°)	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	
D	85	150	D	88
D	10	72	D	85
E	84	108	E	85
F	70	160	E	86
F	72	158	E	82
D	12	72	E	85
D	12	73	F	72
D	10	70	F	70
F	84	152	F	72
F	85	150	D	82
F	82	148	D	80
F	84	148	D	82
D	12	75		
E	84	100		
E	85	98		
E	85	110		
E	82	112		
D	88	148		

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)													
Familia	Tipos	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	q _c	RQD	Espesamiento	Persistencia	Abertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua subter.	RMR _{básico}
1	Diadisa	84	150	7	8	8	4	1	3	2	3	15	51
2	Diadisa	84	107	7	8	5	2	1	3	2	3	15	46
3	Diadisa	11	72	7	8	5	4	1	3	2	3	15	48
4	Falla	71	161	7	8	20	1	0	1	0	1	15	53

Valoración del RMR del Macizo rocoso (Bieniawski, 1989)	
RMR _{básico}	46
RMR _{ajustado}	41
RMR ₃₀ (Condiciones secas y muy favorables)	46
Clase	III

Valoración del SMR (Romano, 1997)							
Familia	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	F1	F2	F3	F4	SMR parcial
1	84	150	0.4	1.00	-6.00	0.00	49
2	84	107	0.15	1.00	-6.00	0.00	45
3	11	72	0.15	0.15	-60.00	0.00	47
4	71	161	0.70	1.00	-50.00	0.00	18
SMR							18
Clase							V

Descripción Estabilidad		Descripción Estabilidad	
Muy mala		Muy mala	
Totalmente inestable		Totalmente inestable	
Roturas		Grandes roturas por planos continuos o por la masa	

Taludes	Taludes
Ajuste por orientación de discontinuidades	Favorable
Valor de ajuste	-5
Método de excavación	Voladura regular



MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	76	Uitología	Calizas
Estación	EG-12	Este	367.933	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	154	Norte	8.824.479	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espesamiento (m)	> 2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	< 0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	> 20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	> 5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Pluyendo
Valoración	15	10	7	4	0

Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excavación con buzamiento	Excav. contra buzamiento	Excav. con buzamiento	Excav. contra buzamiento
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			Media
0° - 20°			
Desfavorable			

Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Malta	Muy mala
Tiempo de sostenimiento (5m diámetro)	10 años	6 meses (8m)	15 min. (5m)	10 hor. (2,5m)	30 min. (1m)
Cohesión (kg/cm ²)	> 4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	< 1
Angulo Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Malta	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable

Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas	Grandes roturas por planos continuos o por la masa
Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación

Tipos de estructuras					
F	Falla				
Mf	Microfalla				
C	Contacto				
D	Diadisa				
E	Estratificación				
RQD (Palinstrom)					
RQD = 110 - 2.5L _i					
L _i	35				
RQD (%)	23				

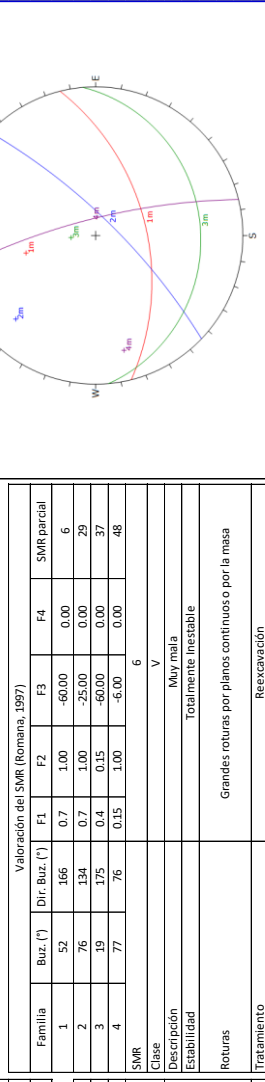


Fotografía de detalle del macizo rocoso

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)										
Familia	Tipo	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	q _c	RQD	Espesamiento	Persistencia	Abertura	Rugosidad	Relleno
1	Diadisa	52	166	7	3	10	4	1	3	2
2	Diadisa	76	134	7	3	8	4	1	3	2
3	Diadisa	19	175	7	3	5	2	1	3	2
4	Falla	77	76	7	3	20	1	1	1	0
5										

Valoración del RMR del Macizo rocoso (Bieniawski, 1989)		Tipo de Obra	
RMR _{basico}	41	Ajuste por orientación de discontinuidades	Taludes
RMR _{ajustado}	36	Valor de ajuste	Favorable
RMR ₃₀ (Condiciones secas y muy favorables)	41	Método de excavación	Voladura regular
Clase	IV		

Calidad		Angulo de fricción interna (°)	
	Malta		23
Cohesión (KPa)		180	



MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	75	Litología	Calizas
Estación	EG-13	Este	367,946	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	175	Norte	8,824,498	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espaciamiento (m)	> 2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	< 0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	> 20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	> 5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Rebello	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Pluviendo
Valoración	15	10	7	4	0

Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excavación con buzamiento	Excm. contra buzamiento	45° - 90°	20° - 45°
20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°	20° - 45°
Muy favorable	Media	Muy desfav.	Media
Cualquier dirección			
0° - 20°			
Desfavorable			

Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Malta	Muy mala
Tiempo de sostenimiento (5m diámetro)	10 años (5m diámetro)	6 meses (8m diámetro)	15 min. (5m diámetro)	10 hor. (2,5m diámetro)	30 min. (1m diámetro)
Coherencia (kg/cm ²)	> 4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	< 1
Ángulo de Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

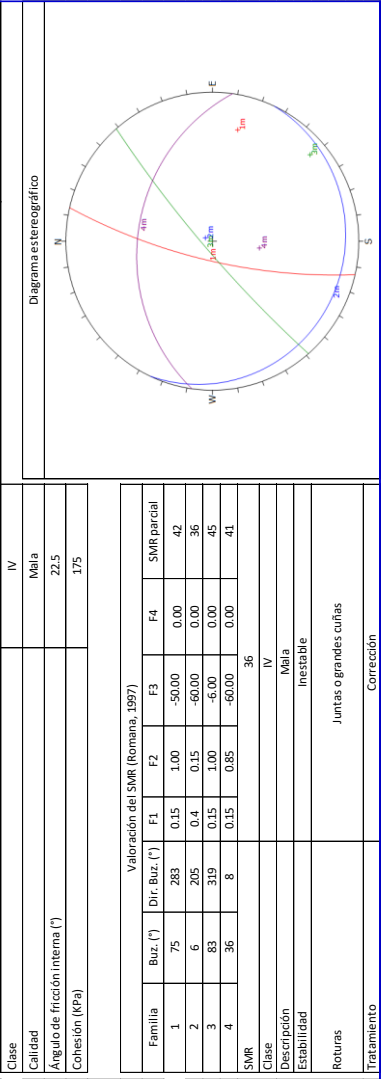
Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Malta	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas por planos continuos o por la masa	Grandes roturas por juntas o grandes cuñas
Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación

Tipos de estructuras		Dir. Buz. (°)		Buz. (°)		Tipo	
F	Falla	74	282	D	6	D	200
Mf	Microfalla	5	202	D	5	D	195
C	Contacto	88	320	D	8	D	198
D	Diadisa	35	5	D	72	D	280
E	Estratificación	85	310	D	78	D	282
RQD (Palinstrom)		RQD = 110 - 2,5L _i		RQD (%)		20	
RQD = 110 - 2,5L _i		RQD (%)		20			



Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)										
Familia	Tipo	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	α _c	RQD	Espaciamiento	Persistencia	Abertura	Rugosidad	Relleno
1	Diadisa	75	283	7	3	8	4	4	3	2
2	Diadisa	6	205	7	3	5	1	1	3	2
3	Diadisa	83	319	7	3	5	4	4	3	2
4	Falla	36	8	7	3	20	1	1	1	0
5										

Valoración del RMR del Macizo rocoso (Bieniawski, 1989)		Tipo de Obra	
RMR _{basico}	40	Ajuste por orientación de discontinuidades	Taludes
RMR _{ajustado}	35	Valor de ajuste	Favorable
RMR ₃₀ (Condiciones secas y muy favorables)	40	Método de excavación	-5
Clase	IV		Voladura regular



MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	76	Litología	Calizas
Estación	EG-14	Este	367.953	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	175	Norte	8.894.509	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espesamiento (m)	> 2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	< 0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	> 20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	> 5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Pluyendo
Valoración	15	10	7	4	0

Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excavación con buzamiento	Excv. contra buzamiento	Excavación con buzamiento	Excavación contra buzamiento
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			Media
0° - 20°			
Desfavorable			

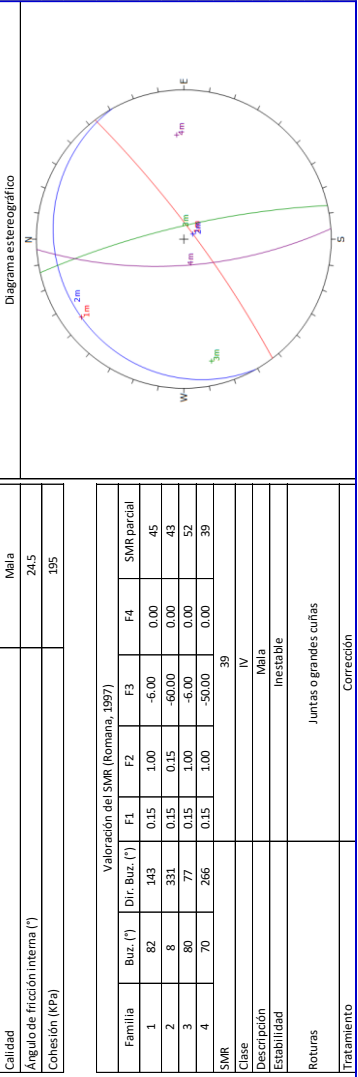
Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60
Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Malá	Muy mala
Tiempo de sostenimiento	10 años (5m diámetro)	6 meses (8m diámetro)	15 min. (5m diámetro)	10 hor. (2,5m diámetro)	30 min. (1m diámetro)
Coherencia (kg/cm ²)	> 4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	< 1
Ángulo de Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Malá	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas por planos continuos o por la masa	Grandes roturas por planos continuos o por la masa
Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación

Tipos de estructuras	F	Falla	
	Mf	Microfalia	
	C	Contacto	
	D	Diadisa	
	E	Estratificación	
Discontinuidades identificadas en campo			
Tipos	Dir. Buz. (°)	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)
F	5	325	79
D	84	135	8
D	68	268	10
F	80	75	68
D	72	272	80
D	85	140	78
D	82	138	81
D	70	265	80
D	71	265	79
D	85	140	81
D	82	155	5
D	80	148	7
F	81	78	
D	10	325	
D	8	325	
D	8	326	
D	82	142	
D	81	140	

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)					
Familia	Tipos	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	q _c	RMR _{básico}
1	Diadisa	82	143	7	8
2	Diadisa	8	331	7	8
3	Falla	80	77	7	8
4	Diadisa	70	266	7	8
5					

Valoración del RMR del Macizo rocoso (Bieniawski, 1989)					
RMR _{básico}	Tipo de Obra				
44	Taludes				
RMR _{ajustado}	Ajuste por orientación de discontinuidades				
39	Favorable				
RMR ₃₀ (Condiciones secas y muy favorables)	Valor de ajuste				
44	-5				
Clase	Método de excavación				
IV	Voladura regular				



Valoración del SMR (Romano, 1997)							
Familia	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	F1	F2	F3	F4	SMR parcial
1	82	143	0.15	1.00	-6.00	0.00	45
2	8	331	0.15	0.15	-60.00	0.00	43
3	80	77	0.15	1.00	-6.00	0.00	52
4	70	266	0.15	1.00	-50.00	0.00	39
SMR							39
Clase							IV
Descripción							Malá
Estabilidad							24.5
Roturas							Inestable
Tratamiento							Corrección

MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	76	Litología	Calizas
Estación	EG-15	Este	367.973	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	175	Norte	8.894.506	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espaciamiento (m)	> 2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	< 0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	< 1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	> 20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	< 0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	> 5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Rebello	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Pluyendo
Valoración	15	10	7	4	0

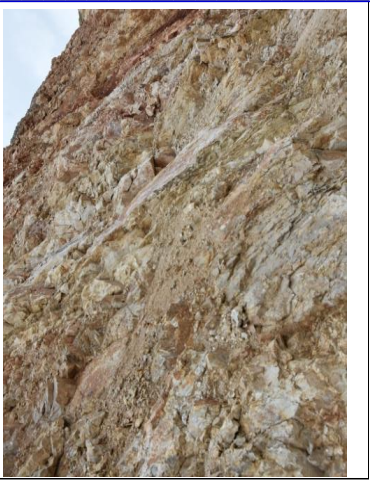
Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excavación con buzamiento	Excm. contra buzamiento	45° - 90°	20° - 45°
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			Media
0° - 20°			
Desfavorable			

Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Malta	Muy mala
Tiempo de sostenimiento (5m diámetro)	10 años (5m diámetro)	6 meses (8m diámetro)	15 min. (5m diámetro)	10 hor. (2,5m diámetro)	30 min. (1m diámetro)
Cohesión (kg/cm ²)	> 4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	< 1
Angulo Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

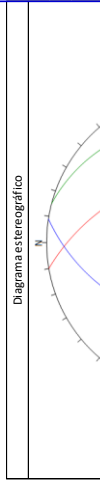
Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Malta	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable

Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas por planos continuos o por la masa	Re-excavación
Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación

DATOS TOMADOS EN CAMPO Y RESULTADOS					
Fotografía de detalle del macizo rocoso					
					
Tipos de estructuras					
F	Falla				
Mf	Microfalla				
C	Contacto				
D	Diaclisa				
E	Estratificación				
RQD (Palinstrom)					
RQD = 110 - 2,5L _i					
L _i = 16					
RQD (%) = 70					
Discontinuidades identificadas en campo					
Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	Dir. Buz. (°)
40	84	281	36	36	281
34	272	D	35	278	D
12	102	D	16	110	D
60	155	F	60	160	F
14	102	D	35	281	D
15	100	D	36	283	D
42	80	F	62	165	F
41	81	F	63	168	F
35	275	D	40	81	D
30	282	D	42	79	D
31	285	D	45	81	D
39	82	D	42	82	D
41	80	D			D
42	76	D			D
40	75	D			D
12	105	D			D
15	108	D			D
35	278	D			D

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)					
Familia	Tipo	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	q _c	RMR _{bajo}
1	Diaclisa	41	80	12	13
2	Diaclisa	34	279	12	13
3	Diaclisa	14	105	12	13
4	Falla	61	162	12	13
5					

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)					
RMR _{bajo}	Valoración del RMR del Macizo rocoso (Bieniawski, 1989)				
61	Ajuste por orientación de discontinuidades				
56	Valor de ajuste				
61	Método de excavación				
III	Clase				
Regular	Calidad				
33	Angulo de fricción interna (°)				
280	Cohesión (KPa)				

Diagrama estereográfico					
					

Valoración del SMR (Romano, 1997)					
Familia	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	F1	F2	F3
1	41	80	0,15	0,85	-60,00
2	34	279	0,15	0,70	-60,00
3	14	105	0,15	0,15	-60,00
4	61	162	0,70	1,00	-60,00
SMR	22				
Clase	IV				
Descripción	Malta				
Estabilidad	Inestable				
Roturas	Juntas o grandes cuñas				
Tratamiento	Corrección				

MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	75	Litología	Intercalación de margas y calizas
Estación	EG-18	Este	367,883	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	175	Norte	8,824,436	Fecha	25/06/2020

DATOS TOMADOS EN CAMPO Y RESULTADOS					
-------------------------------------	--	--	--	--	--

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espesamiento (m)	>2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	<0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	<1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	>20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	<0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	>5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Pluvendo
Valoración	15	10	7	4	0

Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excavación con buzamiento	Exca. contra buzamiento	Excavación con buzamiento	Exca. contra buzamiento
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			Media
0° - 20°			
Desfavorable			

Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valoración RMR	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Malta	Muy mala
Tiempo de sostenimiento (5m diámetro)	10 años (5m diámetro)	6 meses (8m diámetro)	15 min. (5m diámetro)	10 hor. (2,5m diámetro)	30 min. (1m diámetro)
Angulo Fricción (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

Valoración SMR	100-81	80-61	60-41	40-21	<20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Malta	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas por planos continuos o por la masa	Grandes roturas

Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación
Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación



Tipos de estructuras	
F	Falla
MF	Microfalla
C	Contacto
D	Diadisa
E	Estratificación

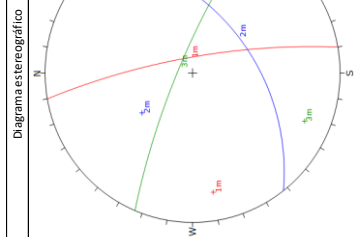
RQD (Palinstrom)	
RQD = 110 - 2.5L _i	
L _i	36
RQD (%)	20

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)

Familia	Tipo	Buz. (°)	Dir. Buz. (°)	q _c	RQD	Espesamiento	Persistencia	Abertura	Rugosidad	Relleno	Alteración	Agua subter.	RMR _{básico}
1	Estratific.	78	80	7	3	8	1	1	3	2	1	15	41
2	Diadisa	47	142	7	3	8	2	1	3	2	1	15	42
3	Diadisa	79	23	7	3	10	4	1	3	2	1	15	46
4													
5													

Valoración del RMR del Macizo rocoso (Bieniawski, 1989)

RMR _{básico}	Ajuste por orientación de discontinuidades	Valoración	Clase
41	-5	36	IV
36		36	IV
41		41	IV



MAPEO GEOMECÁNICO POR CELDAS

Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay	Buz. Talud (°)	75	Litología	Calizas masivas color beige
Estación	EG-19	Este	367,887	Realizado	J.A.C.
Dir. Buz. Talud (°)	110	Norte	8,894,463	Fecha	25/06/2020

TABLAS Y VALORACIONES

Resistencia a la comp. (MPa)	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	(5-25) (1-5) (<1)
Valoración	15	12	7	4	(2)(1)(0)
RQD (%)	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	<25
Valoración	20	17	13	8	3
Espesamiento (m)	>2,00	0,60 - 2,00	0,20 - 0,60	0,06 - 0,20	<0,06
Valoración	20	15	10	8	5
Persistencia (m)	<1,00	1,00 - 3,00	3,00 - 10,00	10,00 - 20,00	>20,00
Valoración	6	4	2	1	0
Abertura (mm)	0	<0,10	0,10 - 1,00	1,00 - 5,00	>5,00
Valoración	6	5	4	1	0
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Lig. Rugosa	Lisa	Muy lisa
Valoración	6	5	3	1	0
Relleno	Ninguno	Duro < 5 mm	Duro > 5 mm	Blando < 5 mm	Blando > 5 mm
Valoración	6	4	2	2	0
Alteración	Inalterada	Lig. Alterada	Mod. Alterada	Muy alterada	Descompuesta
Valoración	6	5	3	1	0
Agua subterránea	Seco	Lig. húmedo	Húmedo	Gotearlo	Pluyendo
Valoración	15	10	7	4	0


Dirección perpendicular al eje del talud		Dirección paralela al eje del talud	
Excavación con buzamiento	Excm. contra buzamiento	Excavación con buzamiento	Excavación con buzamiento
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°
Muy favorable	Favorable	Media	Muy desfav.
Cualquier dirección			Media
0° - 20°			
Desfavorable			

Obra	Muy Fav.	Favorable	Regular	Desfav.	Muy desfav.
Túneles	0	-2	-5	-10	-12
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Valoración RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	<20
Clase	I	II	III	IV	V
Calidad	Muy buena	Buena	Regular	Malá	Muy mala
Tiempo de sostenimiento (5m diámetro)	10 años (5m diámetro)	6 meses (8m diámetro)	15 min. (5m diámetro)	10 hor. (2,5m diámetro)	30 min. (1m diámetro)
Cohesión (kg/cm ²)	>4	3 - 4	2 - 3	1 - 2	<1
Ángulo Fricción (°)	>45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	<15

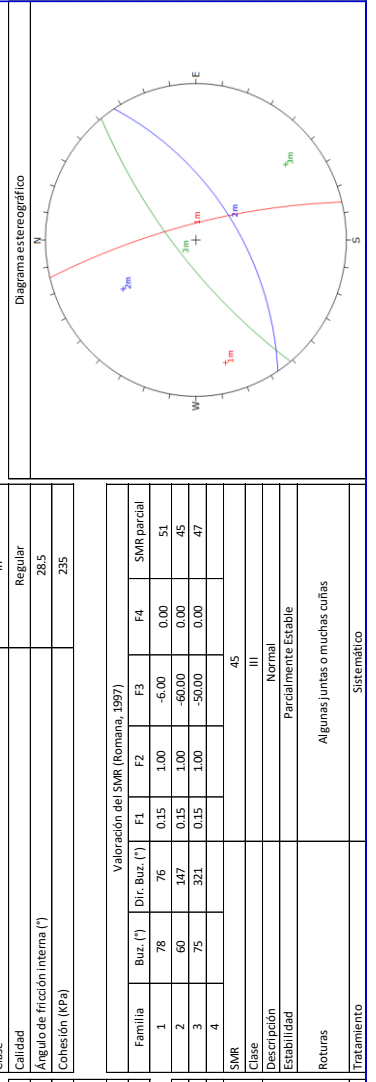
Valoración SMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	<20
Clase	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy buena	Buena	Normal	Malá	Muy mala
Estabilidad	Totalmente Estable	Estable	Parcialmente estable	Inestable	Totalmente inestable
Roturas	Ninguna	Algunos bloques	Algunas juntas o muchas cuñas	Grandes juntas o grandes cuñas por planos continuos o por la masa	Grandes roturas por planos continuos o por la masa

Tratamiento	Ninguno	Ocasional	Sistemático	Corrección	Re-excavación
-------------	---------	-----------	-------------	------------	---------------

DATOS TOMADOS EN CAMPO Y RESULTADOS					
Tipos de estructuras	F	Falla	Fotografía de detalle del macizo rocoso		
	Mf	Microfalia			
C	Contacto				
D	Diadisa				
E	Estratificación				
RQD (Palinstrom)	RQD = 110 - 2,5L _v				
L _v	25				
RQD (%)	48				

Clasificación Geomecánica RMR (Bieniawski, 1989)										
Familia	1	2	3	4	5	Dir. Buz. (°)	76	12	8	10
Tipos	Estratific.	Diadisa	Diadisa			Tipos	78	60	75	
Tipos	78	60	75			Tipos	145	149	319	
Tipos	322	322	320			Tipos	75	320	80	
Tipos	81	80	148			Tipos	78	78	77	

Tipo de Obra		Tipo de Obra	
Ajuste por orientación de discontinuidades	52	Ajuste por orientación de discontinuidades	Taludes
Valor de ajuste	47	Valor de ajuste	Favorable
Método de excavación	52	Método de excavación	-5
Clase	III	Clase	Voladura regular



Anexo 4

Resultados de los ensayos de martillo de Schmidt

Macizo Rocoso

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-01
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

45	46	44	40	36
40	42	42	36	38

Valor promedio	44
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

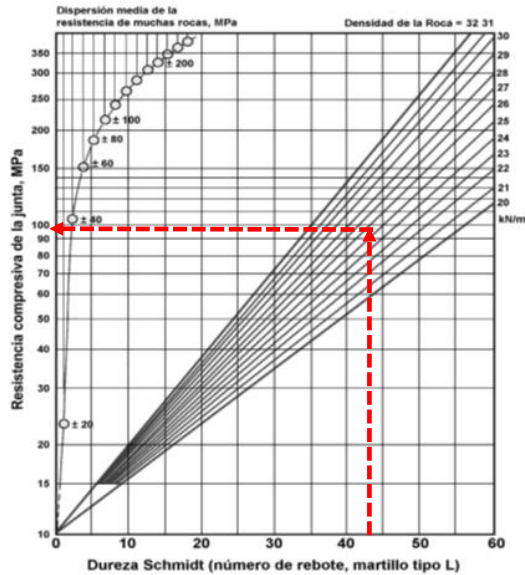
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	43.34
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	98
Clase, ISRM (1981)	R4
Descripción, ISRM (1981)	Roca dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-02
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

36	40	42	40	34
34	40	39	36	38

Valor promedio	40
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

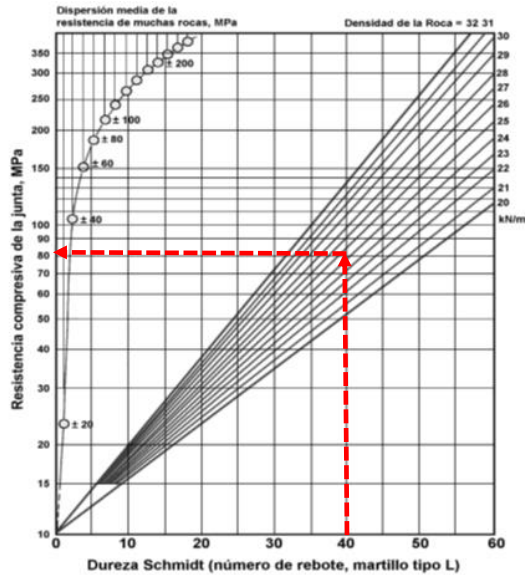
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	39.70
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	84
Clase, ISRM (1981)	R4
Descripción, ISRM (1981)	Roca dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-03
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

36	38	42	38	34
34	38	32	30	32

Valor promedio	38
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

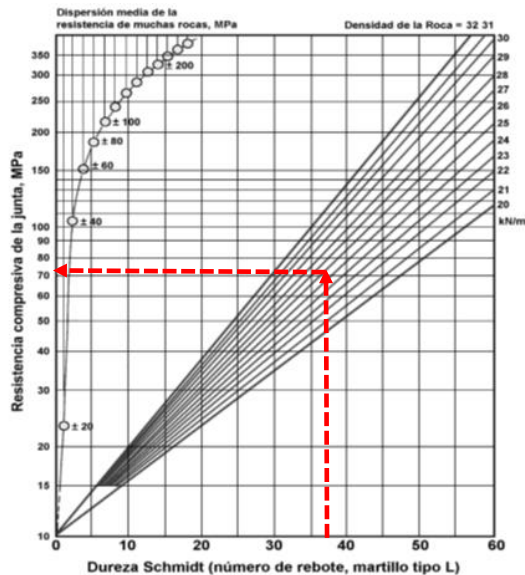
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	37.28
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	74
Clase, ISRM (1981)	R4
Descripción, ISRM (1981)	Roca dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-04
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

55	58	52	54	44
46	48	40	46	44

Valor promedio	53
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

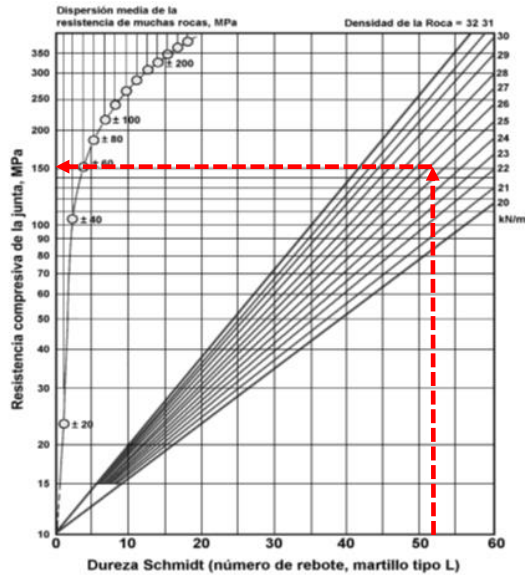
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	52.46
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	155
Clase, ISRM (1981)	R5
Descripción, ISRM (1981)	Roca muy dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-05
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

36	38	38	35	40
39	44	42	38	44

Valor promedio	42
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

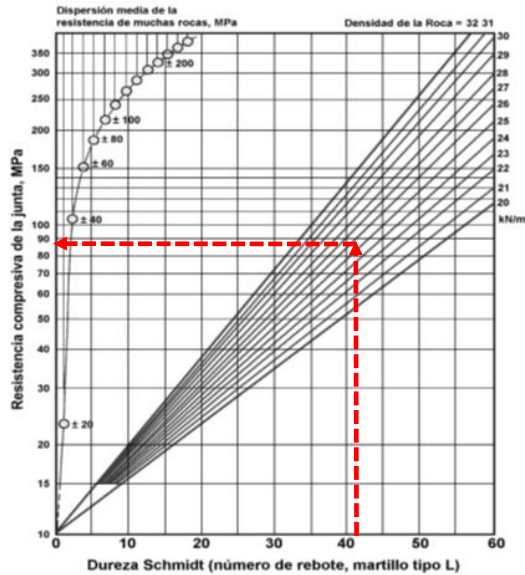
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	41.32
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	87
Clase, ISRM (1981)	R4
Descripción, ISRM (1981)	Roca dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-06
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

34	36	40	37	34
32	36	40	35	35

Valor promedio	38
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

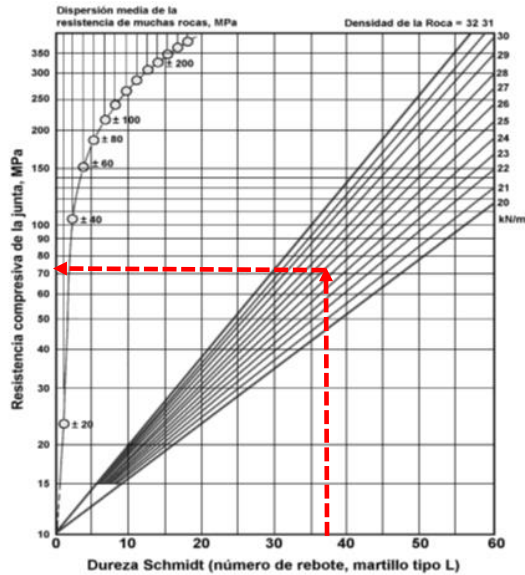
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	37.28
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	74
Clase, ISRM (1981)	R4
Descripción, ISRM (1981)	Roca dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-07
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

40	44	46	40	43
42	38	36	38	36

Valor promedio	43
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

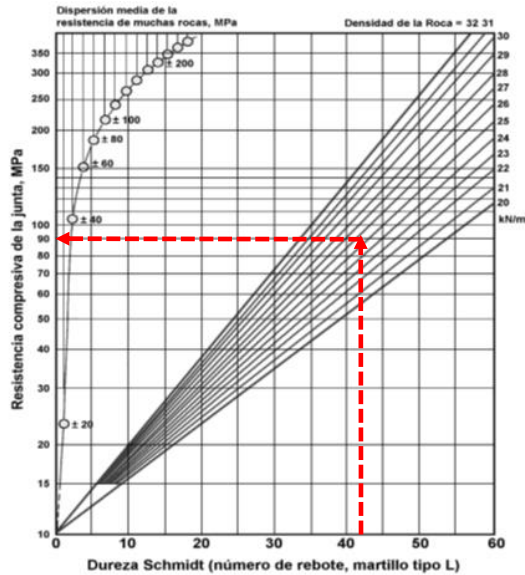
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	42.33
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	93
Clase, ISRM (1981)	R4
Descripción, ISRM (1981)	Roca dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-08
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

39	40	44	42	38
32	30	44	46	42

Valor promedio	44
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

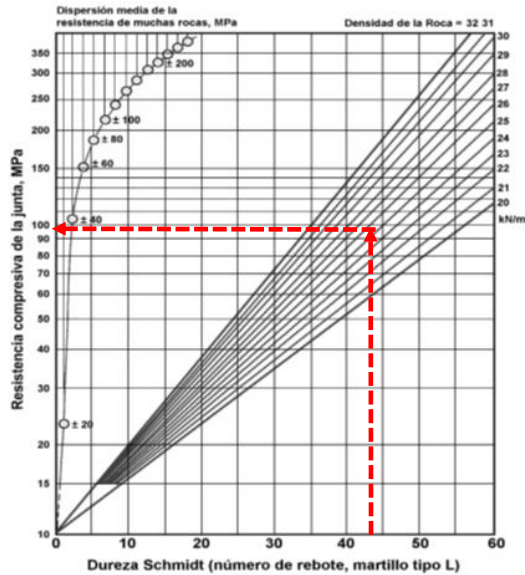
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	43.34
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	98
Clase, ISRM (1981)	R4
Descripción, ISRM (1981)	Roca dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-09
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

48	46	40	40	38
40	38	36	38	40

Valor promedio	43
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

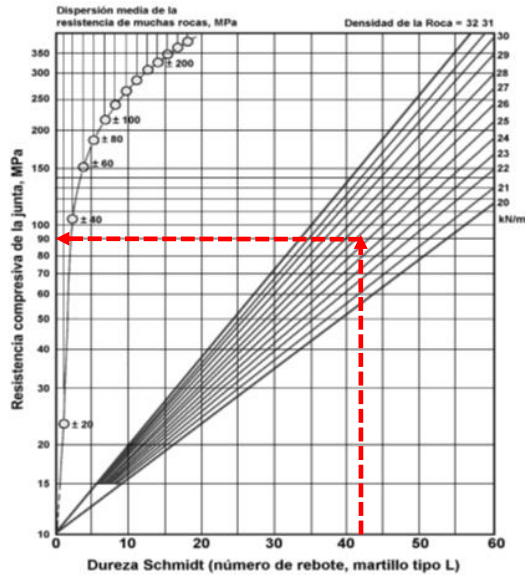
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	42.33
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	93
Clase, ISRM (1981)	R4
Descripción, ISRM (1981)	Roca dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-10
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

37	35	33	33	30
35	33	35	35	35

Valor promedio	35
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

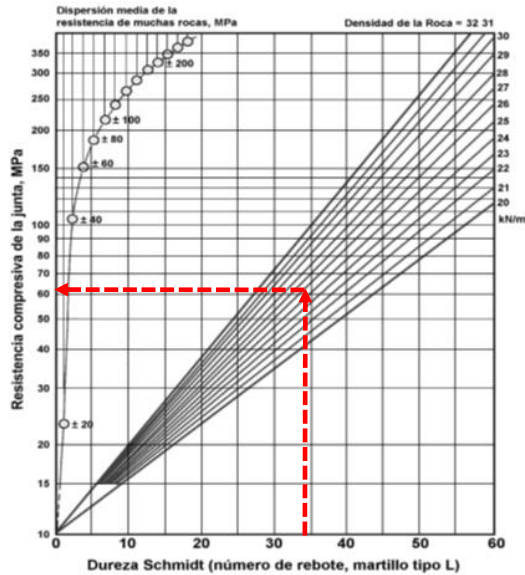
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	34.25
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	62
Clase, ISRM (1981)	R4
Descripción, ISRM (1981)	Roca dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-11
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

38	33	40	32	32
38	34	30	28	28

Valor promedio	37
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

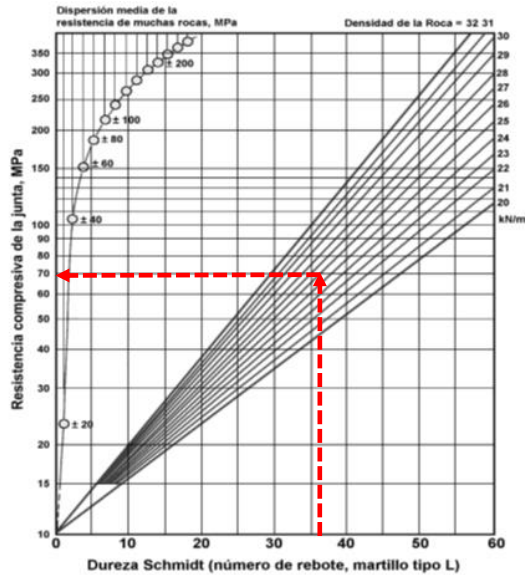
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	36.27
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	70
Clase, ISRM (1981)	R4
Descripción, ISRM (1981)	Roca dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-12
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

36	34	30	30	32
38	27	28	36	34

Valor promedio	36
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

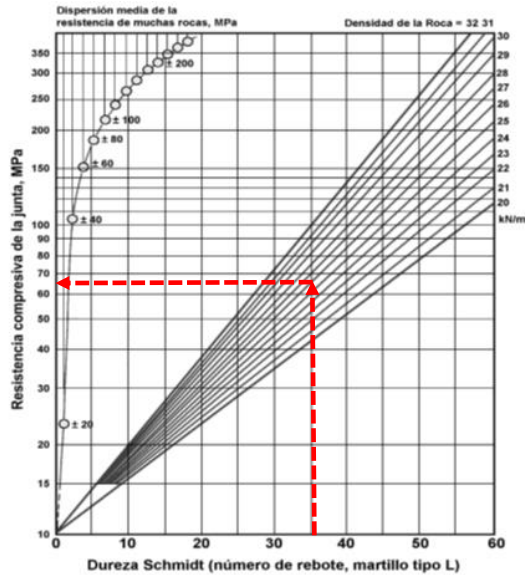
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	35.26
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	66
Clase, ISRM (1981)	R4
Descripción, ISRM (1981)	Roca dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-13
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

34	34	32	32	30
34	32	28	30	38

Valor promedio	34
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

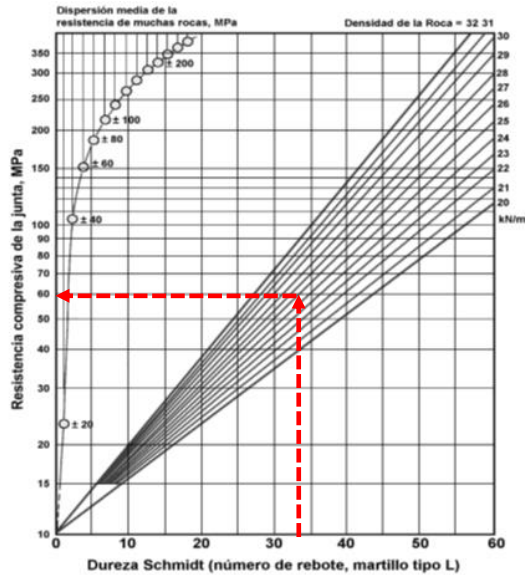
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	33.24
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	60
Clase, ISRM (1981)	R4
Descripción, ISRM (1981)	Roca dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-14
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

45	43	47	39	38
43	41	39	37	35

Valor promedio	44
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

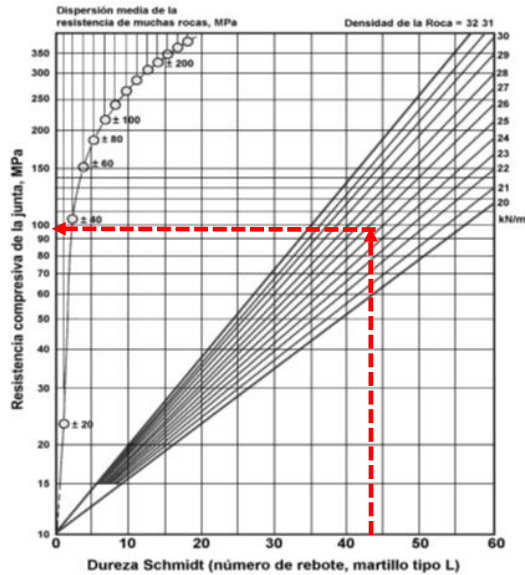
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	43.34
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	98
Clase, ISRM (1981)	R4
Descripción, ISRM (1981)	Roca dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-15
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

47	51	44	50	51
41	43	36	38	38

Valor promedio	49
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

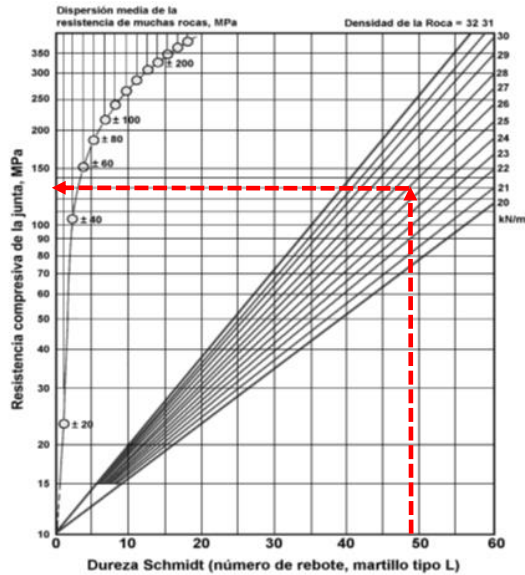
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	48.39
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	132
Clase, ISRM (1981)	R5
Descripción, ISRM (1981)	Roca muy dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-16
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

40	41	44	50	51
41	39	36	38	38

Valor promedio	45
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

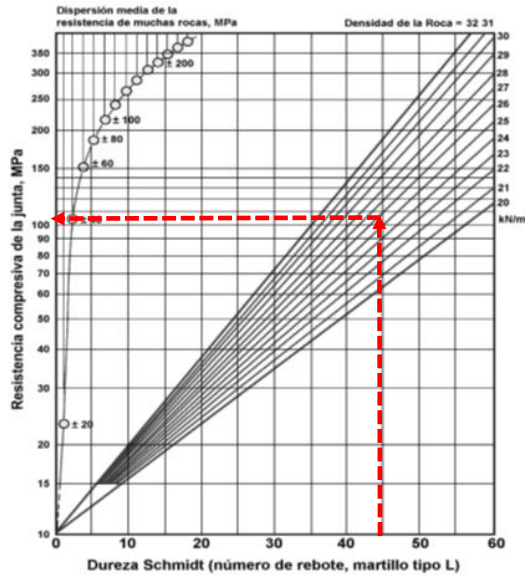
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	44.35
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	105
Clase, ISRM (1981)	R5
Descripción, ISRM (1981)	Roca muy dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-17
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

48	53	55	51	47
50	53	48	48	45

Valor promedio	52
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

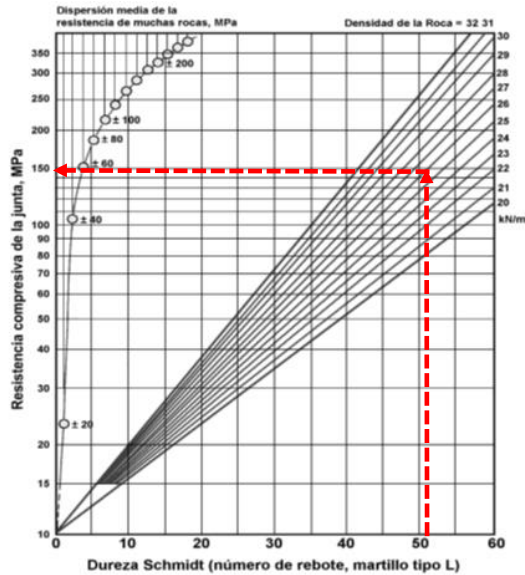
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	51.44
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	148
Clase, ISRM (1981)	R5
Descripción, ISRM (1981)	Roca muy dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

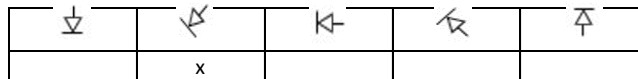
Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-18
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

35	42	45	40	44
41	37	37	38	42

Valor promedio	43
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt



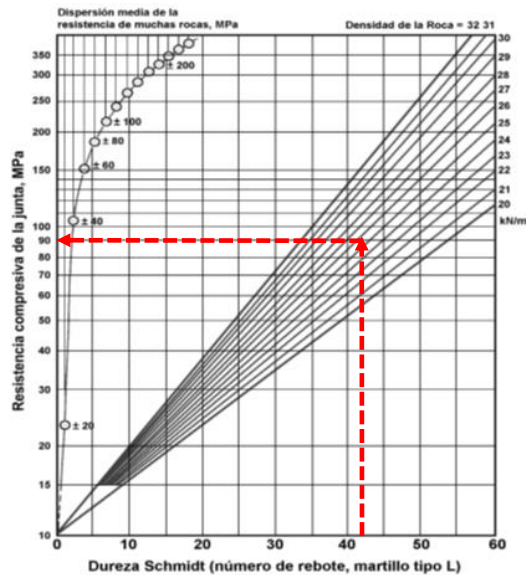
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	42.33
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	93
Clase, ISRM (1981)	R4
Descripción, ISRM (1981)	Roca dura

ESTIMACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE - MARTILLO DE SCHMIDT

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-19
 Caso Matriz rocosa

1. Valores del rebote del martillo de Schmidt

48	45	45	38	38
44	44	42	40	46

Valor promedio	46
----------------	----

2. Posición del martillo de Schmidt

↓	↙	←	↘	↑
	x			

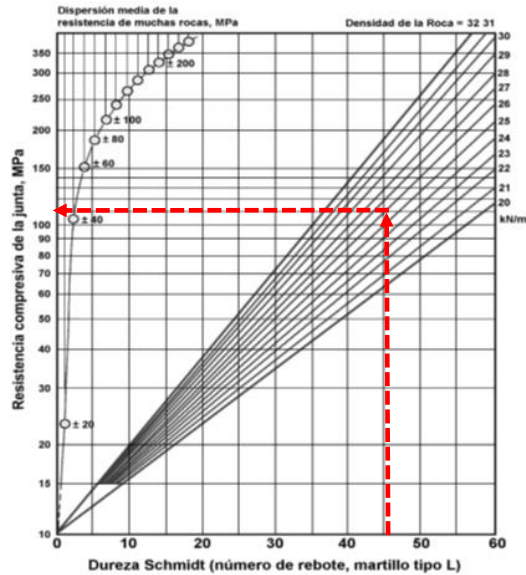
Número de rebote	Hacia abajo		Hacia arriba		Horizontal
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Valor corregido por posición	45.36
------------------------------	-------

3. Propiedades de la matriz rocosa

Densidad seca (kN/m^3)	26.00
-----------------------------------	-------

4. Relación entre la densidad y el valor del rebote con la resistencia a la compresión



5. Resultados e interpretación

Resistencia a la compresión simple estimada (MPa)	110
Clase, ISRM (1981)	R5
Descripción, ISRM (1981)	Roca muy dura

Discontinuidades

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES										
Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay			Litología	Calizas					
Estación	EG-01			Caso	Discontinuidades					
Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt										
Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +45^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$			
	0	-0.8	-	-	-	-	-3.2	-3.4	-3.1	-2.7
10	0	-0.8	-	-	-	-	-3.2	-3.4	-3.1	-2.7
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-6.2	-5.3	-2.2	-2.2	-2.2	-1.7
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-5.3	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3	-3.3
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-4.3	-3.3	-3.3	-3.3	-3.3	-2.2
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-3.3	-2.2	-2.2	-2.2	-2.2	-1.7
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-2.2	-1.7	-1.7	-1.7	-1.7	-1.7

Discontinuidad 1									
Buzamiento (°)		75		75		75		75	
Dirección de buzamiento (°)		80		80		80		80	
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
20	18	22	25	22	25	22	25	22	25
18	19	21	27	30	27	30	27	30	27
Valor promedio		26		26		26		26	
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		22.8		22.8		22.8		22.8	
JCS (Mpa)		35.0		35.0		35.0		35.0	
Discontinuidad 2									
Buzamiento (°)		80		80		80		80	
Dirección de buzamiento (°)		15		15		15		15	
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
24	26	22	30	32	26	22	30	32	27
28	27	25	29	27	25	29	27	25	27
Valor promedio		29		29		29		29	
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		25.9		25.9		25.9		25.9	
JCS (Mpa)		40.0		40.0		40.0		40.0	
Discontinuidad 3									
Buzamiento (°)		75		75		75		75	
Dirección de buzamiento (°)		350		350		350		350	
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
40	42	38	36	37	42	38	36	37	31
35	30	34	39	31	30	34	39	31	31
Valor promedio		39		39		39		39	
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		36.3		36.3		36.3		36.3	
JCS (Mpa)		68.0		68.0		68.0		68.0	
Discontinuidad 4									
Buzamiento (°)		-		-		-		-	
Dirección de buzamiento (°)		-		-		-		-	
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor promedio		-		-		-		-	
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		-		-		-		-	
JCS (Mpa)		-		-		-		-	

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES									
Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay			Litología	Calizas				
Estación	EG-02			Caso	Discontinuidades				
Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt									
Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +45^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$		
10	0	-0.8	-	-	-	-	-3.2		
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4				
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1				
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7				
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2				
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7				

Discontinuidad 1									
Buzamiento (°)		85							
Dirección de buzamiento (°)		80							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
16	18	17	15	21					
22	24	18	16	15					
Valor promedio		21							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		17.6							
JCS (Mpa)		26.0							
Discontinuidad 2									
Buzamiento (°)		45							
Dirección de buzamiento (°)		140							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
22	24	20	18	25					
26	25	30	29	32					
Valor promedio		28							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		27.2							
JCS (Mpa)		43.0							
Discontinuidad 3									
Buzamiento (°)		62							
Dirección de buzamiento (°)		138							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
31	32	27	23	25					
24	24	20	21	18					
Valor promedio		28							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		27.2							
JCS (Mpa)		43.0							
Discontinuidad 4									
Buzamiento (°)		-							
Dirección de buzamiento (°)		-							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
-	-	-	-	-					
Valor promedio		-							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		-							
JCS (Mpa)		-							

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES									
Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay			Litología	Calizas				
Estación	EG-03			Caso	Discontinuidades				
Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt									
Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +45^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$		
10	0	-0.8	-	-	-	-	-3.2		
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4				
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1				
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7				
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2				
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7				

Discontinuidad 1									
Buzamiento (°)		80							
Dirección de buzamiento (°)		85							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
19	19	15	17	20					
15	13	17	22	24					
Valor promedio		21							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		17.6							
JCS (Mpa)		26.0							
Discontinuidad 2									
Buzamiento (°)		60							
Dirección de buzamiento (°)		135							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
28	30	33	30	29					
34	27	25	30	30					
Valor promedio		31							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		30.2							
JCS (Mpa)		50.0							
Discontinuidad 3									
Buzamiento (°)		20							
Dirección de buzamiento (°)		150							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
23	22	25	21	25					
25	28	25	22	20					
Valor promedio		26							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		25.2							
JCS (Mpa)		39.0							
Discontinuidad 4									
Buzamiento (°)		80							
Dirección de buzamiento (°)		190							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
29	27	24	25	30					
27	24	26	20	21					
Valor promedio		28							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		24.8							
JCS (Mpa)		37.0							

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-04

Litología Calizas
 Caso Discontinuidades

Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt

Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$	
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 0^\circ$
10	0	-0.8	-	-	-3.2	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7	-1.7

Discontinuidad 1

Buzamiento (°)	60
Dirección de buzamiento (°)	158

Valores del rebote del martillo de Schmidt

30	33	30	35	38
36	35	30	31	28
Valor promedio				

Posición del martillo de Schmidt

	x			

Valor corregido por posición	35.3
JCS (Mpa)	65.0

Discontinuidad 2

Buzamiento (°)	30
Dirección de buzamiento (°)	250

Valores del rebote del martillo de Schmidt

22	24	20	18	25
26	25	30	29	32
Valor promedio				

Posición del martillo de Schmidt

	x			

Valor corregido por posición	27.2
JCS (Mpa)	43.0

Discontinuidad 3

Buzamiento (°)	80
Dirección de buzamiento (°)	255

Valores del rebote del martillo de Schmidt

31	32	27	23	25
24	24	20	21	18
Valor promedio				

Posición del martillo de Schmidt

	x			

Valor corregido por posición	27.2
JCS (Mpa)	43.0

Discontinuidad 4

Buzamiento (°)	-
Dirección de buzamiento (°)	-

Valores del rebote del martillo de Schmidt

-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
Valor promedio				

Posición del martillo de Schmidt

Valor corregido por posición	-
JCS (Mpa)	-

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-05

Litología Calizas
 Caso Discontinuidades

Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt

Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$	
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2	
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4	
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1	
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7	
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2	
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7	

Discontinuidad 1

Buzamiento (°)	20
Dirección de buzamiento (°)	290

Valores del rebote del martillo de Schmidt

30	32	34	32	31
30	30	25	28	30
Valor promedio				
32				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	29.0
JCS (Mpa)	49.0

Discontinuidad 3

Buzamiento (°)	75
Dirección de buzamiento (°)	160

Valores del rebote del martillo de Schmidt

25	27	20	28	26
25	27	20	22	24
Valor promedio				
27				

Posición del martillo de Schmidt

	x			

Valor corregido por posición	26.2
JCS (Mpa)	40.0

Discontinuidad 2

Buzamiento (°)	60
Dirección de buzamiento (°)	170

Valores del rebote del martillo de Schmidt

38	34	39	40	38
38	36	40	40	38
Valor promedio				
39				

Posición del martillo de Schmidt

	x			

Valor corregido por posición	38.3
JCS (Mpa)	80.0

Discontinuidad 4

Buzamiento (°)	52
Dirección de buzamiento (°)	248

Valores del rebote del martillo de Schmidt

38	40	42	38	40
42	38	36	38	36
Valor promedio				
40				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	37.3
JCS (Mpa)	78.0

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-06

Litología Calizas
 Caso Discontinuidades

Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt

Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$	
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 0^\circ$
10	0	-0.8	-	-	-3.2	
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4	
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1	
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7	
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2	
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7	

Discontinuidad 1

Buzamiento (°)	20
Dirección de buzamiento (°)	290

Valores del rebote del martillo de Schmidt

20	26	22	20	22
24	26	26	20	24

Valor promedio	26
----------------	----

Posición del martillo de Schmidt

--	--	--	--	--

Valor corregido por posición	22.8
JCS (Mpa)	35.0

Discontinuidad 3

Buzamiento (°)	75
Dirección de buzamiento (°)	160

Valores del rebote del martillo de Schmidt

28	32	32	26	30
34	34	30	32	28

Valor promedio	33
----------------	----

Posición del martillo de Schmidt

--	--	--	--	--

Valor corregido por posición	30.0
JCS (Mpa)	50.0

Discontinuidad 2

Buzamiento (°)	60
Dirección de buzamiento (°)	170

Valores del rebote del martillo de Schmidt

36	34	38	34	32
38	30	34	34	30

Valor promedio	36
----------------	----

Posición del martillo de Schmidt

--	--	--	--	--

Valor corregido por posición	33.1
JCS (Mpa)	58.0

Discontinuidad 4

Buzamiento (°)	52
Dirección de buzamiento (°)	248

Valores del rebote del martillo de Schmidt

20	22	24	18	18
20	22	20	18	14

Valor promedio	22
----------------	----

Posición del martillo de Schmidt

--	--	--	--	--

Valor corregido por posición	18.7
JCS (Mpa)	27.0

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES									
Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay			Litología	Calizas				
Estación	EG-07			Caso	Discontinuidades				
Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt									
Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +45^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$		
	0	-0.8	-	-	-	-	-3.2		
10	0	-0.8	-	-	-	-	-3.2		
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-6.9	-6.9	-3.4		
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-6.2	-6.2	-3.1		
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-5.3	-5.3	-2.7		
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-4.3	-4.3	-2.2		
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-3.3	-3.3	-1.7		

Discontinuidad 1									
Buzamiento (°)		40							
Dirección de buzamiento (°)		100							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
38		36		40		40		42	
38		38		34		36		35	
Valor promedio		40							
↙		↘		↖		↗		↖	
↖		↘		↖		↗		↖	
Valor corregido por posición		37.3							
JCS (Mpa)		78.0							
Discontinuidad 3									
Buzamiento (°)		55							
Dirección de buzamiento (°)		282							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
36		35		30		34		42	
40		38		34		34		35	
Valor promedio		38							
↙		↘		↖		↗		↖	
↖		↘		↖		↗		↖	
Valor corregido por posición		35.2							
JCS (Mpa)		65.0							

Discontinuidad 2									
Buzamiento (°)		60							
Dirección de buzamiento (°)		140							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
32		30		28		30		34	
35		33		27		28		30	
Valor promedio		33							
↙		↘		↖		↗		↖	
↖		↘		↖		↗		↖	
Valor corregido por posición		30.0							
JCS (Mpa)		50.0							
Discontinuidad 4									
Buzamiento (°)		70							
Dirección de buzamiento (°)		305							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
30		32		30		32		30	
28		34		34		32		35	
Valor promedio		33							
↙		↘		↖		↗		↖	
↖		↘		↖		↗		↖	
Valor corregido por posición		30.0							
JCS (Mpa)		50.0							

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES										
Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay			Litología	Calizas					
Estación	EG-08			Caso	Discontinuidades					
Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt										
Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +45^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$			
	0	-0.8	-	-	-	-	-3.2	-3.4	-3.1	-2.7
10	0	-0.8	-	-	-	-	-3.2	-3.4	-3.1	-2.7
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-6.2	-5.3	-2.2	-2.2	-2.2	-1.7
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-5.3	-4.3	-4.3	-4.3	-4.3	-3.3
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-4.3	-3.3	-3.3	-3.3	-3.3	-2.2
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-3.3	-2.2	-2.2	-2.2	-2.2	-1.7
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-2.2	-1.7	-1.7	-1.7	-1.7	-1.7

Discontinuidad 1									
Buzamiento (°)	80								
Dirección de buzamiento (°)	158								
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
36	38	34	34	32					
36	34	34	38	38					
Valor promedio				38					
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición				37.3					
JCS (Mpa)				78.0					
Discontinuidad 2									
Buzamiento (°)	10								
Dirección de buzamiento (°)	177								
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
36	38	38	32	30	36				
34	30	32	30	30	30				
Valor promedio				36					
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición				35.3					
JCS (Mpa)				65.0					
Discontinuidad 3									
Buzamiento (°)	80								
Dirección de buzamiento (°)	240								
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
24	28	20	20	22	24				
24	22	20	22	22	22				
Valor promedio				24					
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición				23.1					
JCS (Mpa)				35.0					
Discontinuidad 4									
Buzamiento (°)	-								
Dirección de buzamiento (°)	-								
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
-	-	-	-	-	-				
-	-	-	-	-	-				
Valor promedio				-					
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición				-					
JCS (Mpa)				-					

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES									
Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay			Litología	Calizas				
Estación	EG-09			Caso	Discontinuidades				
Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt									
Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +45^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$		
10	0	-0.8	-	-	-	-	-3.2		
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-6.9	-3.4			
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-6.2	-3.1			
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-5.3	-2.7			
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-4.3	-2.2			
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-3.3	-1.7			

Discontinuidad 1									
Buzamiento (°)		24							
Dirección de buzamiento (°)		274							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
		40	36	40	38	38	36		
		38	36	38	38	38	36		
Valor promedio				39					
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		36.3		68.0					
JCS (Mpa)		68.0							

Discontinuidad 2									
Buzamiento (°)		40							
Dirección de buzamiento (°)		288							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
		36	34	38	36	34	34		
		30	32	28	28	32	32		
Valor promedio				36					
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		33.1		58.0					
JCS (Mpa)		58.0							

Discontinuidad 3									
Buzamiento (°)		65							
Dirección de buzamiento (°)		255							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
		34	30	30	32	26	26		
		28	32	34	34	30	30		
Valor promedio				33					
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		30.0		50.0					
JCS (Mpa)		50.0							

Discontinuidad 4									
Buzamiento (°)		86							
Dirección de buzamiento (°)		92							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
		24	26	27	27	24	24		
		22	25	24	22	22	26		
Valor promedio				26					
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		22.8		35.0					
JCS (Mpa)		35.0							

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-10

Litología Calizas
 Caso Discontinuidades

Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt

Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$	
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 0^\circ$
10	0	-0.8	-	-	-3.2	
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4	
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1	
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7	
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2	
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7	

Discontinuidad 1

Buzamiento (°)	24
Dirección de buzamiento (°)	274

Valores del rebote del martillo de Schmidt

28	36	30	30	28
27	25	32	26	26
Valor promedio				
32				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	29.0
JCS (Mpa)	49.0

Discontinuidad 3

Buzamiento (°)	65
Dirección de buzamiento (°)	255

Valores del rebote del martillo de Schmidt

29	27	32	30	32
28	28	24	24	24
Valor promedio				
30				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	26.9
JCS (Mpa)	42.0

Discontinuidad 2

Buzamiento (°)	40
Dirección de buzamiento (°)	288

Valores del rebote del martillo de Schmidt

28	30	29	32	26
28	27	29	27	27
Valor promedio				
30				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	26.9
JCS (Mpa)	42.0

Discontinuidad 4

Buzamiento (°)	86
Dirección de buzamiento (°)	92

Valores del rebote del martillo de Schmidt

18	15	14	11	10
13	12	14	13	15
Valor promedio				
15				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	11.7
JCS (Mpa)	18.0

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES									
Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay			Litología	Calizas				
Estación	EG-11			Caso	Discontinuidades				
Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt									
Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +45^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$		
10	0	-0.8	-	-	-	-	-3.2		
30	0	-0.9	-8.8	-6.9	-6.9	-3.4			
40	0	-0.8	-7.8	-6.2	-6.2	-3.1			
50	0	-0.7	-6.6	-5.3	-5.3	-2.7			
60	0	-0.6	-5.3	-4.3	-4.3	-2.2			
	0	-0.4	-4.0	-3.3	-3.3	-1.7			

Discontinuidad 1									
Buzamiento (°)		85							
Dirección de buzamiento (°)		150							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
20	22	23	23	19	21				
21	21	23	19	21	19				
Valor promedio		22							
Posición del martillo de Schmidt		↘		↙		x		↗	
Valor corregido por posición		18.7		27.0					
JCS (Mpa)		27.0							

Discontinuidad 2									
Buzamiento (°)		84							
Dirección de buzamiento (°)		108							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
24	27	27	27	22	22				
27	25	25	25	25	24				
Valor promedio		26							
Posición del martillo de Schmidt		↘		↙		x		↗	
Valor corregido por posición		22.8		35.0					
JCS (Mpa)		35.0							

Discontinuidad 3									
Buzamiento (°)		10							
Dirección de buzamiento (°)		72							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
21	23	21	21	19	18				
17	19	21	21	21	18				
Valor promedio		21							
Posición del martillo de Schmidt		↘		↙		x		↗	
Valor corregido por posición		17.6		26.0					
JCS (Mpa)		26.0							

Discontinuidad 4									
Buzamiento (°)		70							
Dirección de buzamiento (°)		160							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
15	17	14	14	13	14				
15	14	15	17	17	13				
Valor promedio		16							
Posición del martillo de Schmidt		↘		↙		x		↗	
Valor corregido por posición		12.7		22.0					
JCS (Mpa)		22.0							

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-12

Litología Calizas
 Caso Discontinuidades

Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt

Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$	
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2	
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4	
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1	
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7	
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2	
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7	

Discontinuidad 1

Buzamiento (°)	52
Dirección de buzamiento (°)	165

Valores del rebote del martillo de Schmidt

17	17	19	21	20
17	19	21	21	20
Valor promedio				
21				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	17.6
JCS (Mpa)	26.0

Discontinuidad 3

Buzamiento (°)	20
Dirección de buzamiento (°)	175

Valores del rebote del martillo de Schmidt

24	20	20	23	23
24	21	19	20	17
Valor promedio				
23				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	19.7
JCS (Mpa)	29.0

Discontinuidad 2

Buzamiento (°)	76
Dirección de buzamiento (°)	134

Valores del rebote del martillo de Schmidt

23	21	20	21	19
22	24	23	23	20
Valor promedio				
23				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	19.7
JCS (Mpa)	29.0

Discontinuidad 4

Buzamiento (°)	75
Dirección de buzamiento (°)	70

Valores del rebote del martillo de Schmidt

21	17	12	14	15
18	18	14	17	14
Valor promedio				
18				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	14.6
JCS (Mpa)	24.0

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES									
Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay			Litología	Calizas				
Estación	EG-13			Caso	Discontinuidades				
Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt									
Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +45^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$		
10	0	-0.8	-	-	-	-	-3.2		
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-6.9	-3.4			
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-6.2	-3.1			
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-5.3	-2.7			
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-4.3	-2.2			
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-3.3	-1.7			

Discontinuidad 1									
Buzamiento (°)		74							
Dirección de buzamiento (°)		282							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
27	24	25	25	24	24	27			
23	23	25	24	27					
Valor promedio		26							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		22.8							
JCS (Mpa)		35.0							
Discontinuidad 2									
Buzamiento (°)		5							
Dirección de buzamiento (°)		202							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
30	32	29	29	31	31	27			
34	33	37	28	27					
Valor promedio		33							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		30.0							
JCS (Mpa)		50.0							
Discontinuidad 3									
Buzamiento (°)		88							
Dirección de buzamiento (°)		320							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
31	27	29	24	22	22	23			
26	24	27	24	23					
Valor promedio		28							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		24.8							
JCS (Mpa)		37.0							
Discontinuidad 4									
Buzamiento (°)		35							
Dirección de buzamiento (°)		5							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
17	19	15	14	17	17	12			
12	14	10	14	12					
Valor promedio		16							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		12.7							
JCS (Mpa)		22.0							

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES									
Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay			Litología	Calizas				
Estación	EG-14			Caso	Discontinuidades				
Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt									
Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +45^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$				
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$					
10	0	-0.8	-	-				-3.2	
20	0	-0.9	-8.8	-6.9				-3.4	
30	0	-0.8	-7.8	-6.2				-3.1	
40	0	-0.7	-6.6	-5.3				-2.7	
50	0	-0.6	-5.3	-4.3				-2.2	
60	0	-0.4	-4.0	-3.3				-1.7	

Discontinuidad 1									
Buzamiento (°)		84							
Dirección de buzamiento (°)		135							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
41	39	40	42	40	41	41	41	41	41
44	41	41	39	41	41	41	41	41	41
Valor promedio		42							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		39.4							
JCS (Mpa)		82.0							
Discontinuidad 2									
Buzamiento (°)		5							
Dirección de buzamiento (°)		325							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
43	41	41	37	39	41	41	41	41	41
40	41	41	40	39	41	41	41	41	41
Valor promedio		41							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		38.4							
JCS (Mpa)		80.0							
Discontinuidad 3									
Buzamiento (°)		80							
Dirección de buzamiento (°)		75							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
34	30	32	32	32	32	32	32	32	32
30	35	32	34	32	32	32	32	32	32
Valor promedio		33							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		30.0							
JCS (Mpa)		50.0							
Discontinuidad 4									
Buzamiento (°)		68							
Dirección de buzamiento (°)		268							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
40	42	38	42	41	42	42	42	42	42
40	43	39	38	38	42	42	42	42	42
Valor promedio		42							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		39.4							
JCS (Mpa)		82.0							

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-15

Litología Calizas
 Caso Discontinuidades

Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt

Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$	
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2	
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4	
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1	
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7	
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2	
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7	

Discontinuidad 1

Buzamiento (°)	40
Dirección de buzamiento (°)	84

Valores del rebote del martillo de Schmidt

44	44	42	40	39
37	38	36	38	40

Valor promedio	43
----------------	----

Posición del martillo de Schmidt

	x			

Valor corregido por posición	40.5
JCS (Mpa)	85.0

Discontinuidad 3

Buzamiento (°)	12
Dirección de buzamiento (°)	102

Valores del rebote del martillo de Schmidt

40	40	37	36	38
38	42	42	38	38

Valor promedio	40
----------------	----

Posición del martillo de Schmidt

	x			

Valor corregido por posición	37.3
JCS (Mpa)	78.0

Discontinuidad 2

Buzamiento (°)	34
Dirección de buzamiento (°)	272

Valores del rebote del martillo de Schmidt

46	42	42	40	48
40	44	42	40	40

Valor promedio	44
----------------	----

Posición del martillo de Schmidt

	x			

Valor corregido por posición	41.5
JCS (Mpa)	90.0

Discontinuidad 4

Buzamiento (°)	60
Dirección de buzamiento (°)	155

Valores del rebote del martillo de Schmidt

24	26	24	22	22
25	20	22	20	24

Valor promedio	25
----------------	----

Posición del martillo de Schmidt

	x			

Valor corregido por posición	21.8
JCS (Mpa)	33.0

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-16

Litología Calizas
 Caso Discontinuidades

Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt

Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$	
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	
10	0	-0.8	-	-	-3.2	
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4	
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1	
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7	
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2	
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7	

Discontinuidad 1

Buzamiento (°)	88
Dirección de buzamiento (°)	260

Valores del rebote del martillo de Schmidt

45	42	42	44	42
42	42	40	40	40
Valor promedio				
43				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	40.5
JCS (Mpa)	85.0

Discontinuidad 3

Buzamiento (°)	36
Dirección de buzamiento (°)	264

Valores del rebote del martillo de Schmidt

38	40	40	36	42
38	42	40	38	38
Valor promedio				
41				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	38.4
JCS (Mpa)	80.0

Discontinuidad 2

Buzamiento (°)	10
Dirección de buzamiento (°)	272

Valores del rebote del martillo de Schmidt

42	38	38	36	38
38	42	40	42	36
Valor promedio				
41				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	38.4
JCS (Mpa)	80.0

Discontinuidad 4

Buzamiento (°)	60
Dirección de buzamiento (°)	70

Valores del rebote del martillo de Schmidt

26	24	24	25	20
22	24	20	22	26
Valor promedio				
25				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	21.8
JCS (Mpa)	33.0

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-17

Litología Calizas
 Caso Discontinuidades

Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt

Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$	Horizontal $\alpha = 0^\circ$	
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = 0^\circ$
10	0	-0.8	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-1.7

Discontinuidad 1

Buzamiento (°)	65
Dirección de buzamiento (°)	180

Valores del rebote del martillo de Schmidt

24	32	30	28
28	34	34	28
Valor promedio			
33			

Posición del martillo de Schmidt

		x	

Valor corregido por posición	30.0
JCS (Mpa)	50.0

Discontinuidad 3

Buzamiento (°)	62
Dirección de buzamiento (°)	95

Valores del rebote del martillo de Schmidt

44	46	46	44
46	44	46	42
Valor promedio			
46			

Posición del martillo de Schmidt

		x	

Valor corregido por posición	45.36
JCS (Mpa)	112.0

Discontinuidad 2

Buzamiento (°)	34
Dirección de buzamiento (°)	286

Valores del rebote del martillo de Schmidt

48	44	46	45
48	46	46	40
Valor promedio			
47			

Posición del martillo de Schmidt

	x		

Valor corregido por posición	46.37
JCS (Mpa)	115.0

Discontinuidad 4

Buzamiento (°)	-
Dirección de buzamiento (°)	-

Valores del rebote del martillo de Schmidt

-	-	-	-
-	-	-	-
Valor promedio			
-			

Posición del martillo de Schmidt

Valor corregido por posición	-
JCS (Mpa)	-

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES										
Proyecto	Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay			Litología	Calizas					
Estación	EG-18			Caso	Discontinuidades					
Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt										
Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +45^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$			
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 0^\circ$
10	0	-0.8	-	-	-	-	-3.2			
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-6.9	-6.9	-3.4			
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-6.2	-6.2	-3.1			
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-5.3	-5.3	-2.7			
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-4.3	-4.3	-2.2			
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-3.3	-3.3	-1.7			

Discontinuidad 1									
Buzamiento (°)		75							
Dirección de buzamiento (°)		85							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
35	32	30	32	32	32	32	32	32	32
32	32	34	30	30	32	32	32	32	32
Valor promedio		33							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		30.0							
JCS (Mpa)		50.0							

Discontinuidad 2									
Buzamiento (°)		40							
Dirección de buzamiento (°)		138							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
42	38	40	36	36	36	36	36	36	36
36	38	34	34	34	34	34	34	34	34
Valor promedio		39							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		36.3							
JCS (Mpa)		68.0							

Discontinuidad 3									
Buzamiento (°)		75							
Dirección de buzamiento (°)		22							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
40	34	35	34	38	38	38	38	38	38
36	36	40	36	34	34	34	34	34	34
Valor promedio		38							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		35.2							
JCS (Mpa)		65.0							

Discontinuidad 4									
Buzamiento (°)		-							
Dirección de buzamiento (°)		-							
Valores del rebote del martillo de Schmidt									
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Valor promedio		-							
Posición del martillo de Schmidt									
Valor corregido por posición		-							
JCS (Mpa)		-							

VALORES DEL REBOTE DEL MARTILLO DE SCHMIDT EN DISCONTINUIDADES

Proyecto Caracterización geomecánica de los taludes de la cantera Yanamachay
 Estación EG-19

Litología Calizas
 Caso Discontinuidades

Corrección del valor del rebote por inclinación del martillo de Schmidt

Número de rebote	Hacia abajo $\alpha = -90^\circ$		Hacia arriba $\alpha = +90^\circ$		Horizontal $\alpha = 0^\circ$	
	$\alpha = -90^\circ$	$\alpha = -45^\circ$	$\alpha = +90^\circ$	$\alpha = +45^\circ$	$\alpha = 0^\circ$	Horizontal $\alpha = 0^\circ$
10	0	-0.8	-	-	-	-3.2
20	0	-0.9	-8.8	-6.9	-	-3.4
30	0	-0.8	-7.8	-6.2	-	-3.1
40	0	-0.7	-6.6	-5.3	-	-2.7
50	0	-0.6	-5.3	-4.3	-	-2.2
60	0	-0.4	-4.0	-3.3	-	-1.7

Discontinuidad 1

Buzamiento (°)	75
Dirección de buzamiento (°)	70

Valores del rebote del martillo de Schmidt

35	34	35	38	38
38	36	35	36	40
Valor promedio				
39				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	36.3
JCS (Mpa)	68.0

Discontinuidad 3

Buzamiento (°)	75
Dirección de buzamiento (°)	318

Valores del rebote del martillo de Schmidt

42	42	40	36	38
35	38	38	36	38
Valor promedio				
40				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	37.3
JCS (Mpa)	78.0

Discontinuidad 2

Buzamiento (°)	60
Dirección de buzamiento (°)	148

Valores del rebote del martillo de Schmidt

42	44	48	46	42
40	42	38	38	38
Valor promedio				
44				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

Valor corregido por posición	41.5
JCS (Mpa)	90.0

Discontinuidad 4

Buzamiento (°)	-
Dirección de buzamiento (°)	-

Valores del rebote del martillo de Schmidt

-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
Valor promedio				
-				

Posición del martillo de Schmidt

		x		

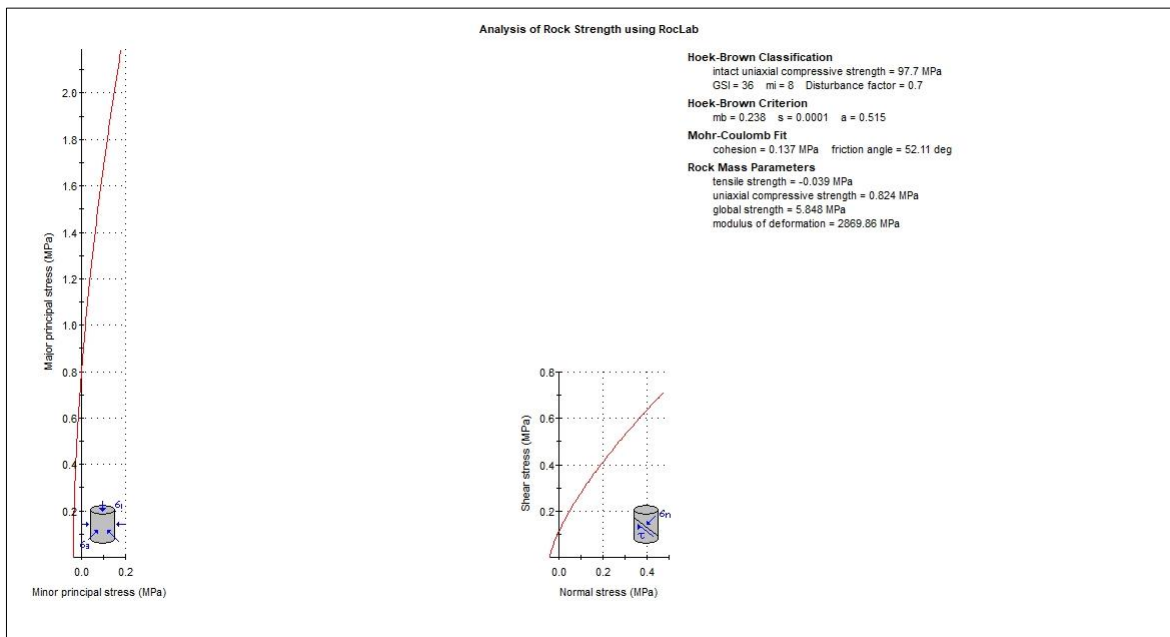
Valor corregido por posición	-
JCS (Mpa)	-

Anexo 5

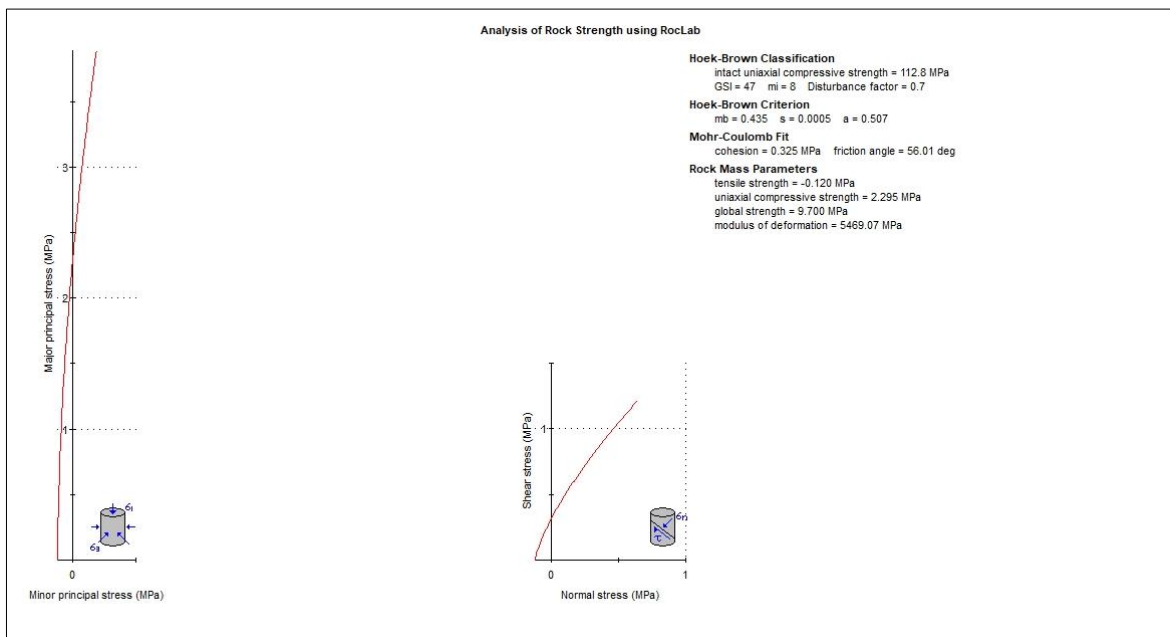
Parámetros de resistencia de la masa rocosa y discontinuidades

Parámetros de resistencia de la masa rocosa

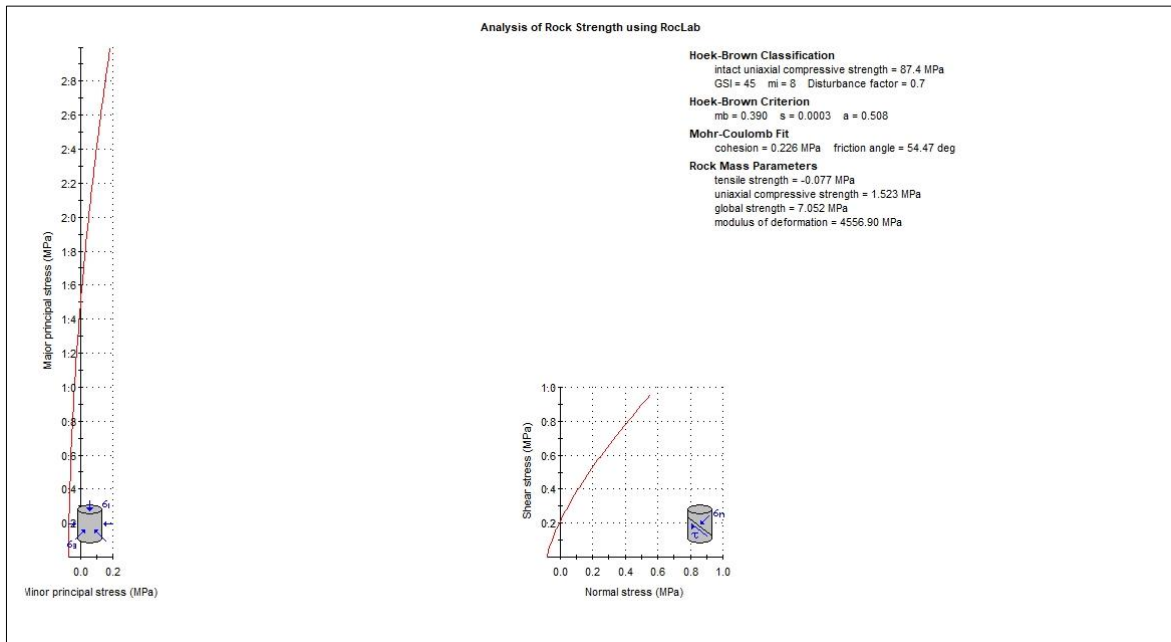
Zona Geomecánica 1



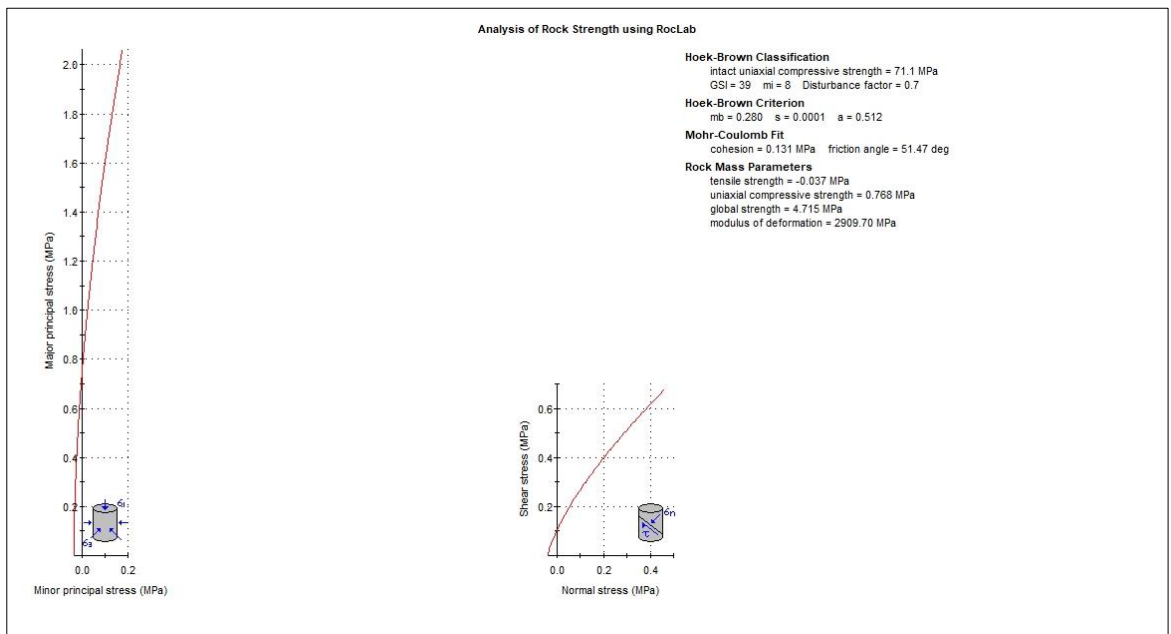
Zona Geomecánica 2



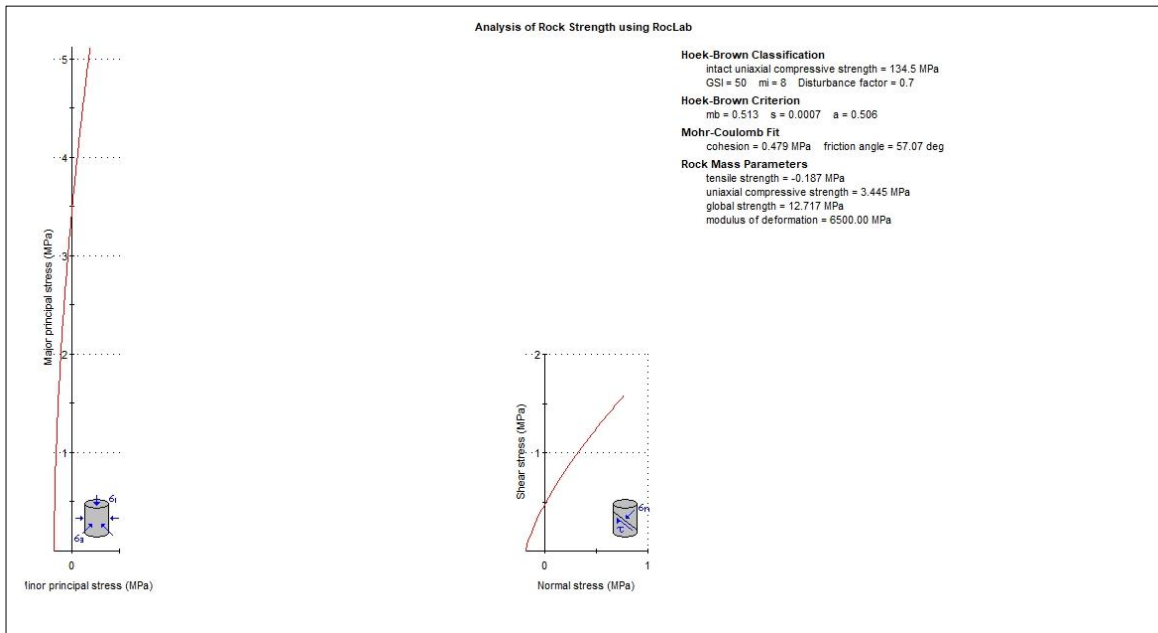
Zona Geomecánica 3



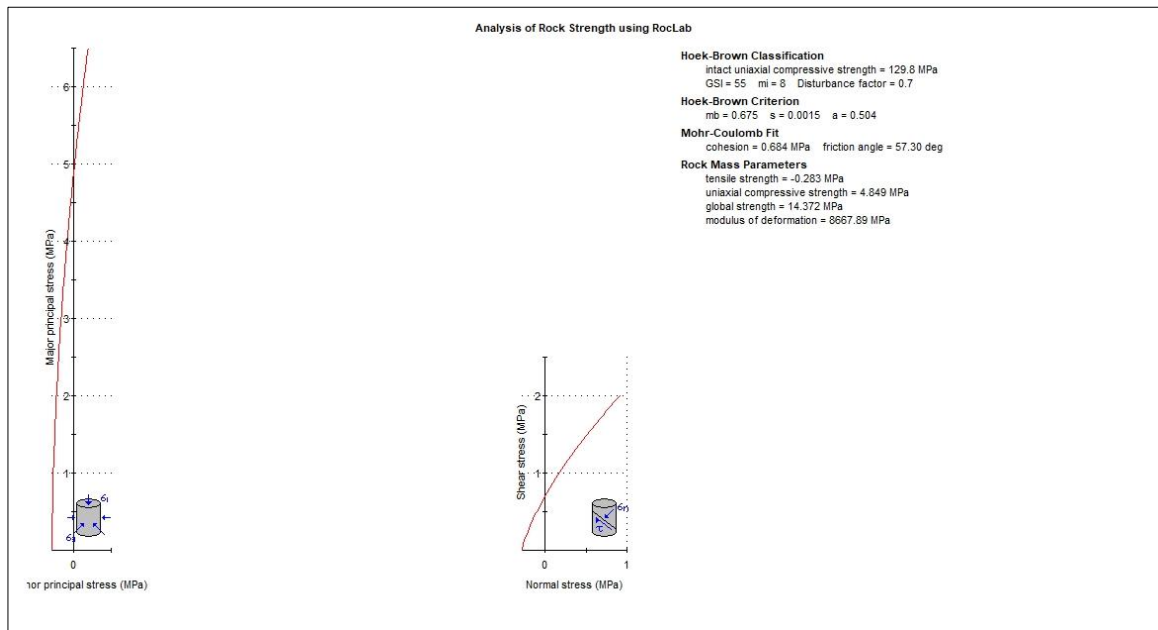
Zona Geomecánica 4



Zona Geomecánica 5



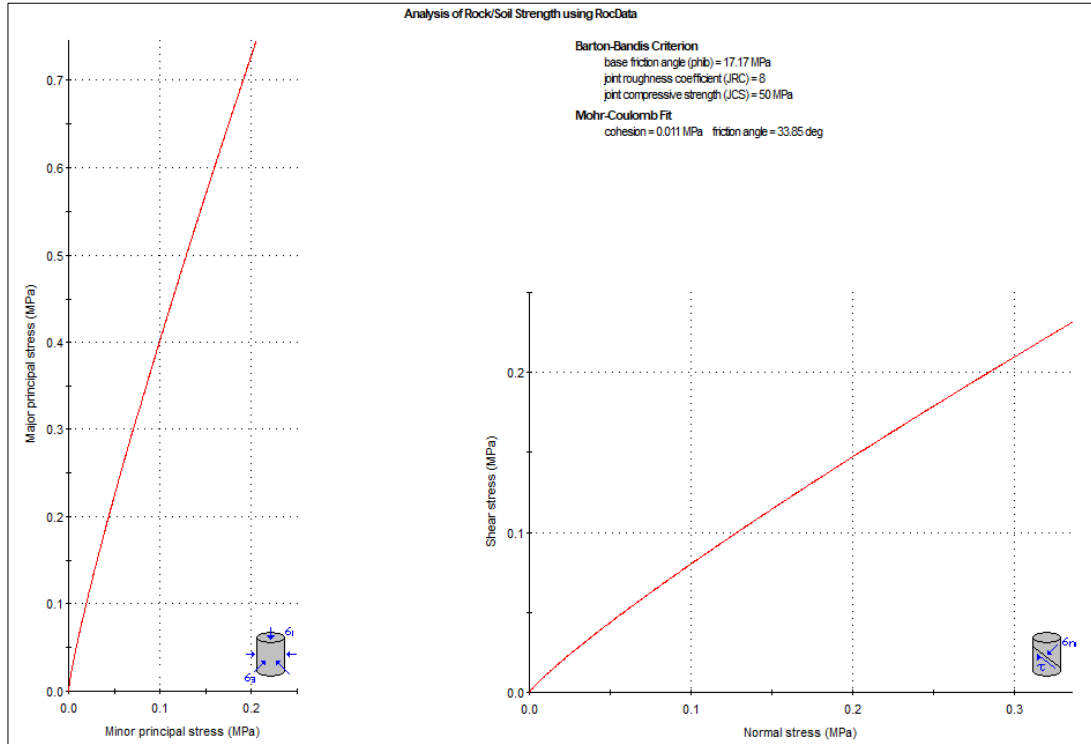
Zona Geomecánica 6



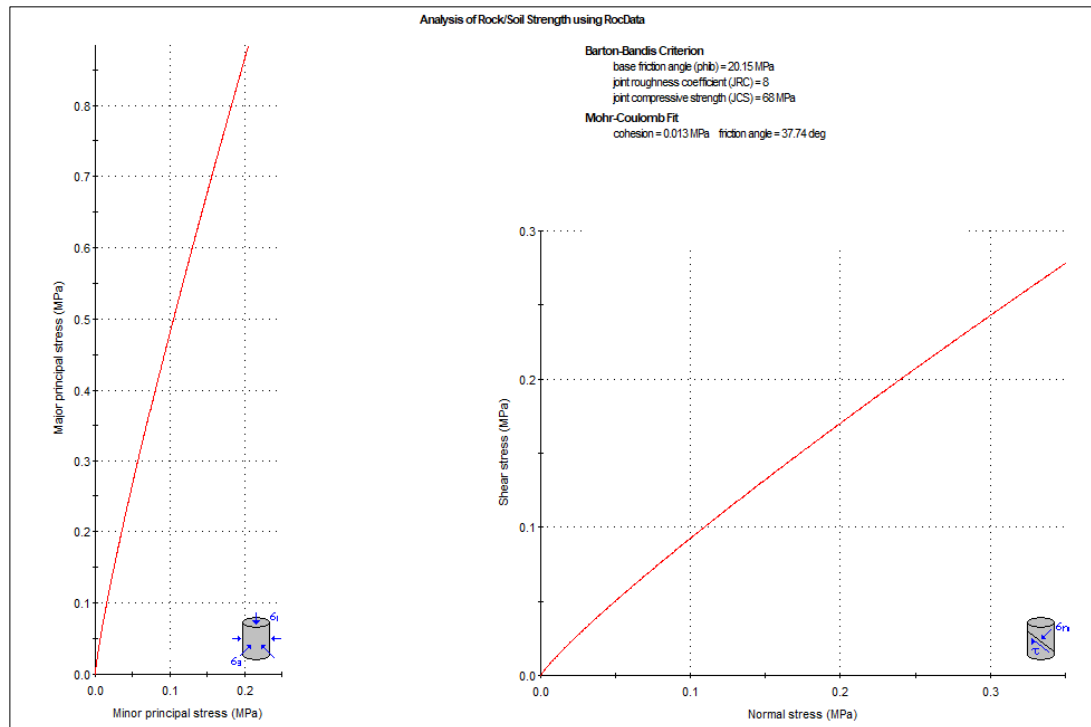
Parámetros de resistencia de las discontinuidades

Zona Geomecánica 1

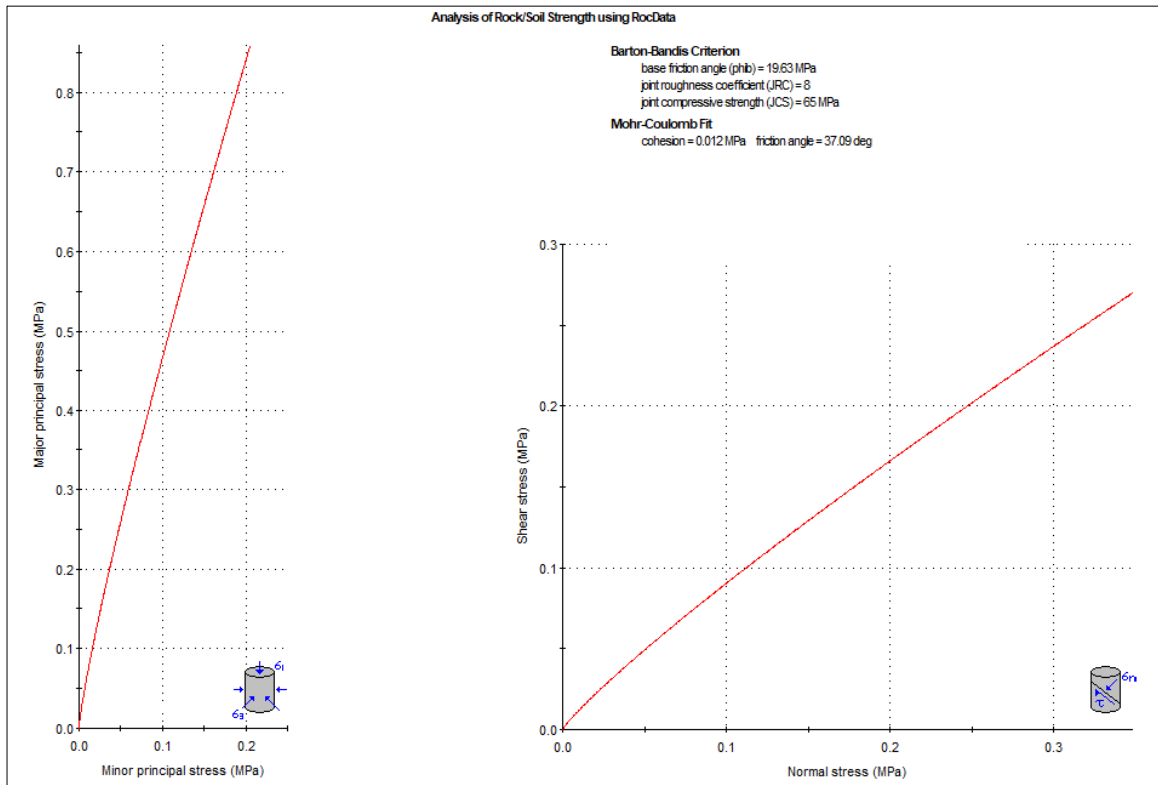
Discontinuidad 1



Discontinuidad 2

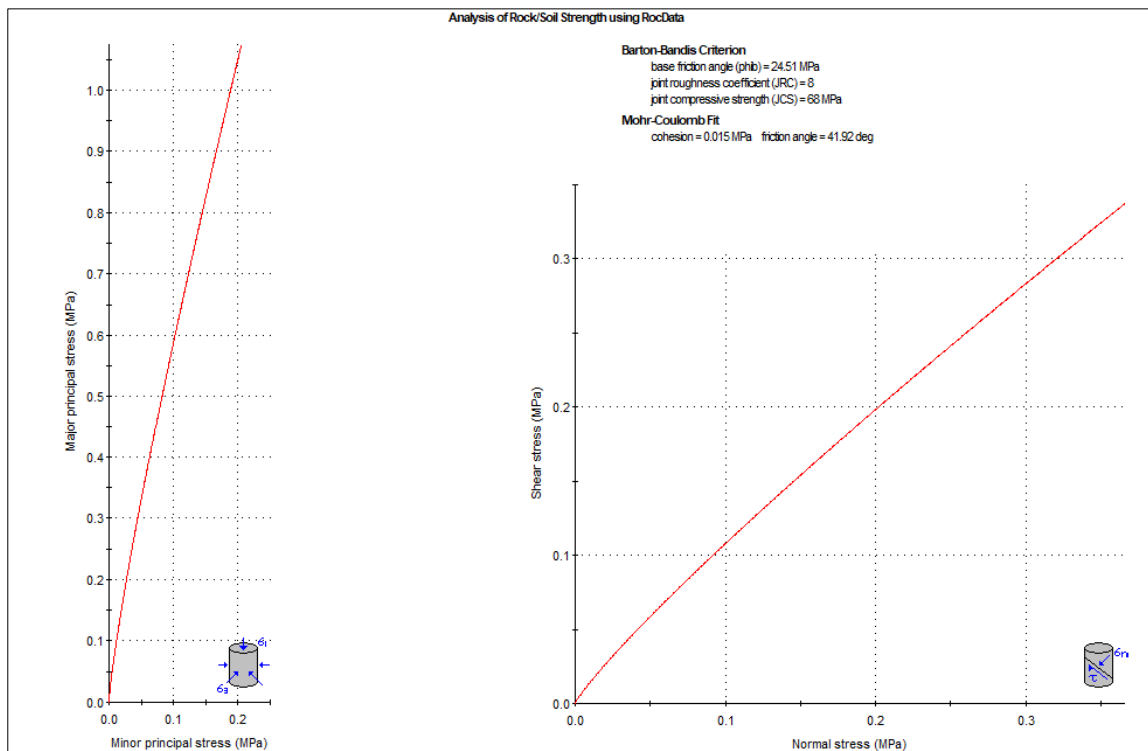


Discontinuidad 3

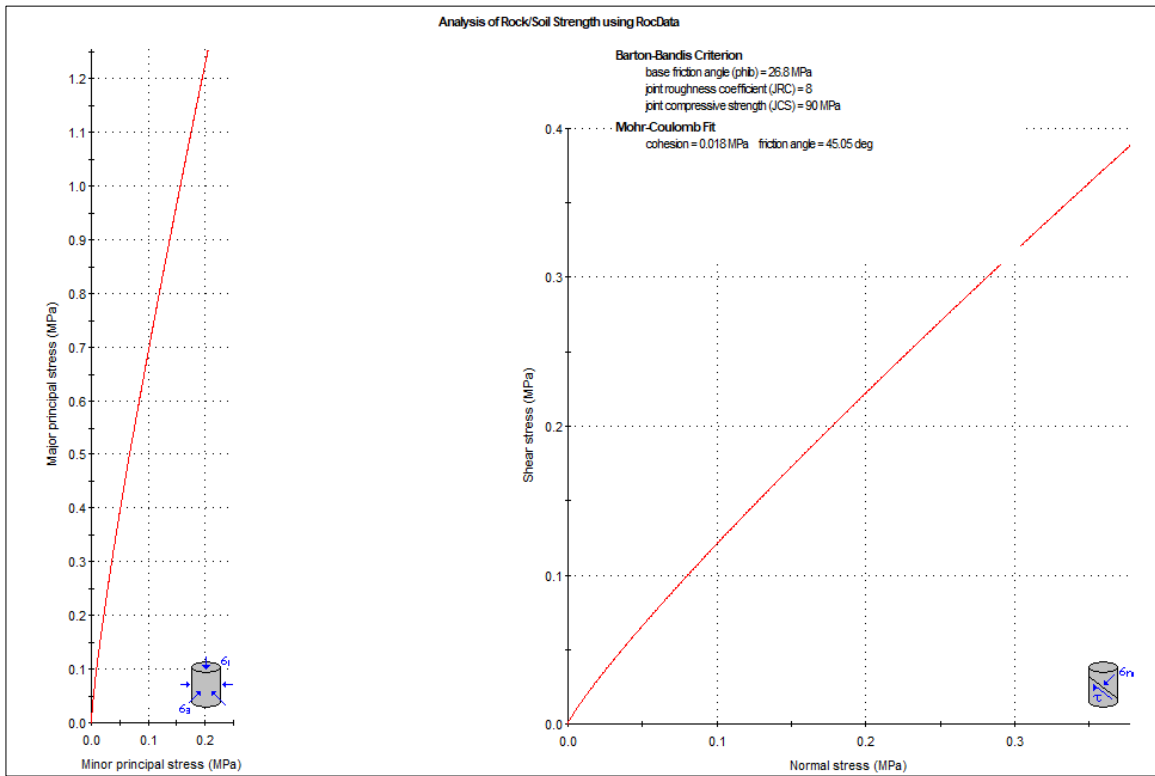


Zona Geomecánica 2

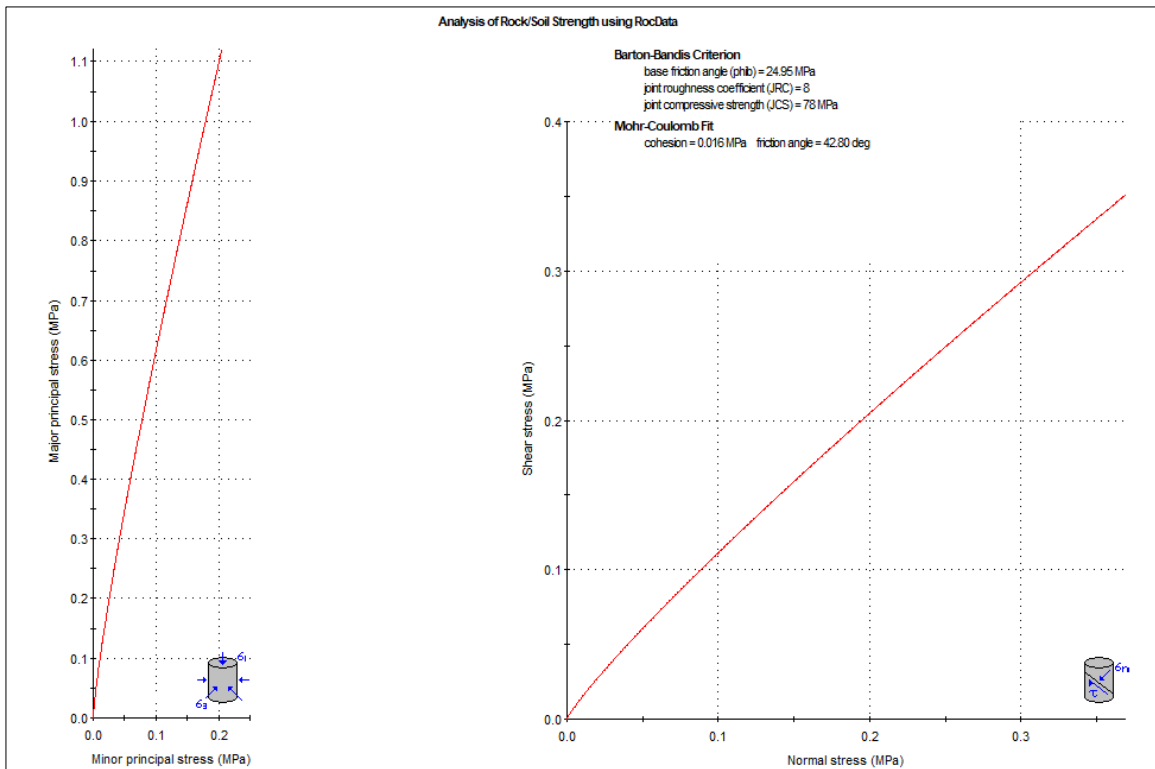
Discontinuidad 1



Discontinuidad 2

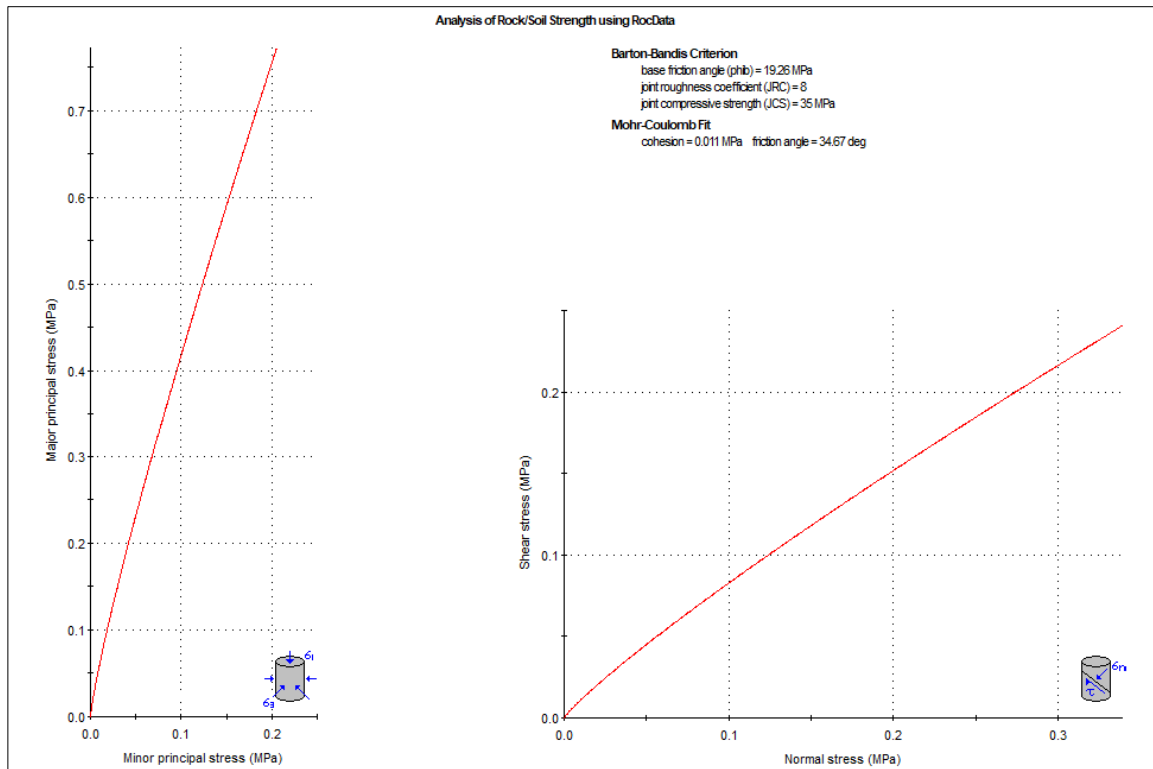


Discontinuidad 3

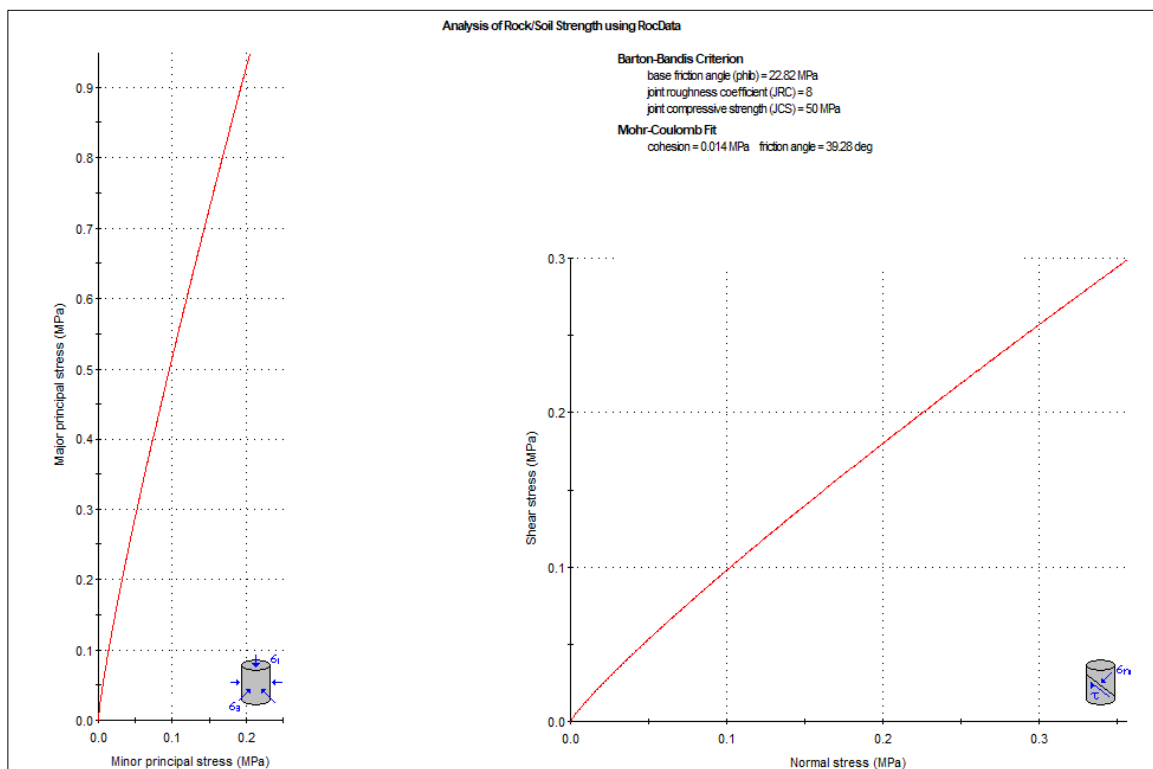


Zona Geomecánica 3

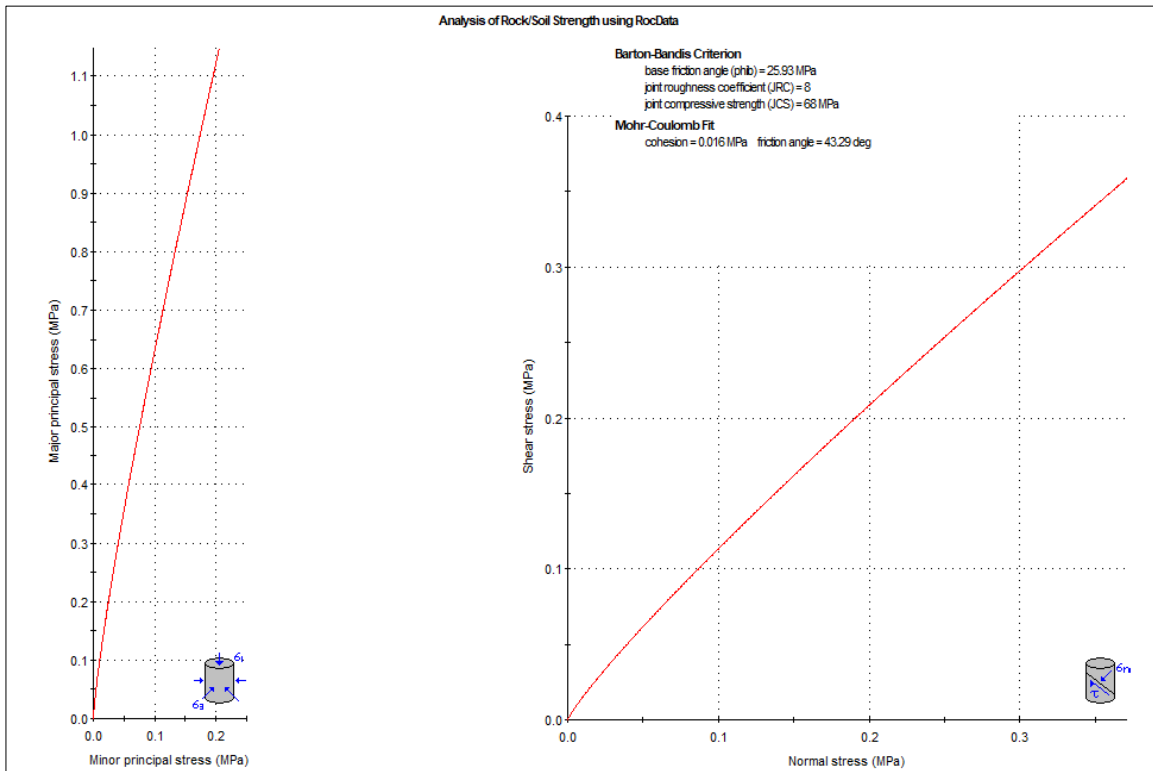
Discontinuidad 1



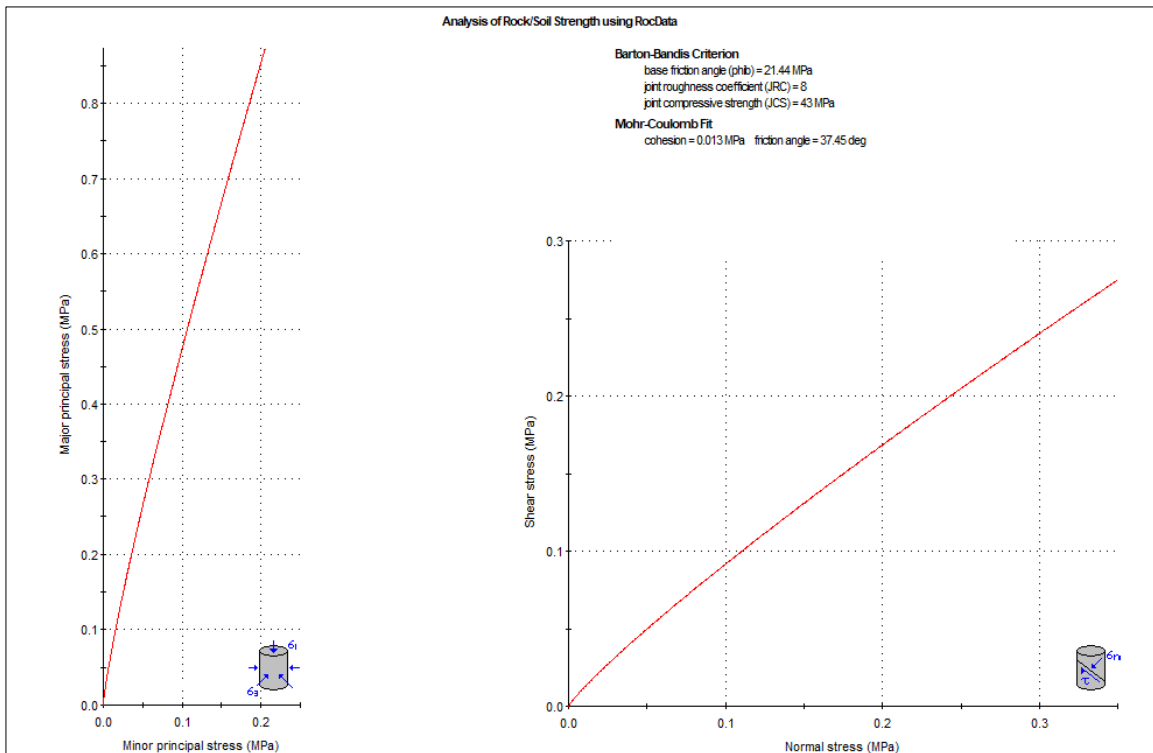
Discontinuidad 2



Discontinuidad 3

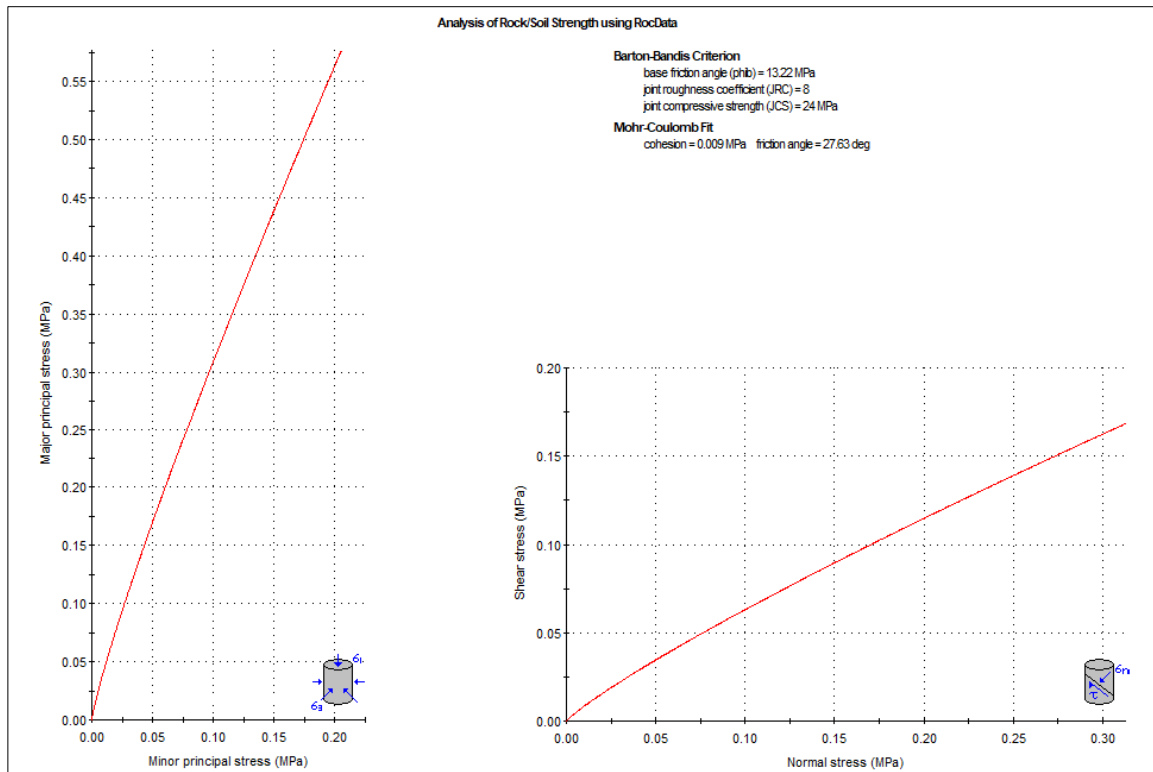


Discontinuidad 4

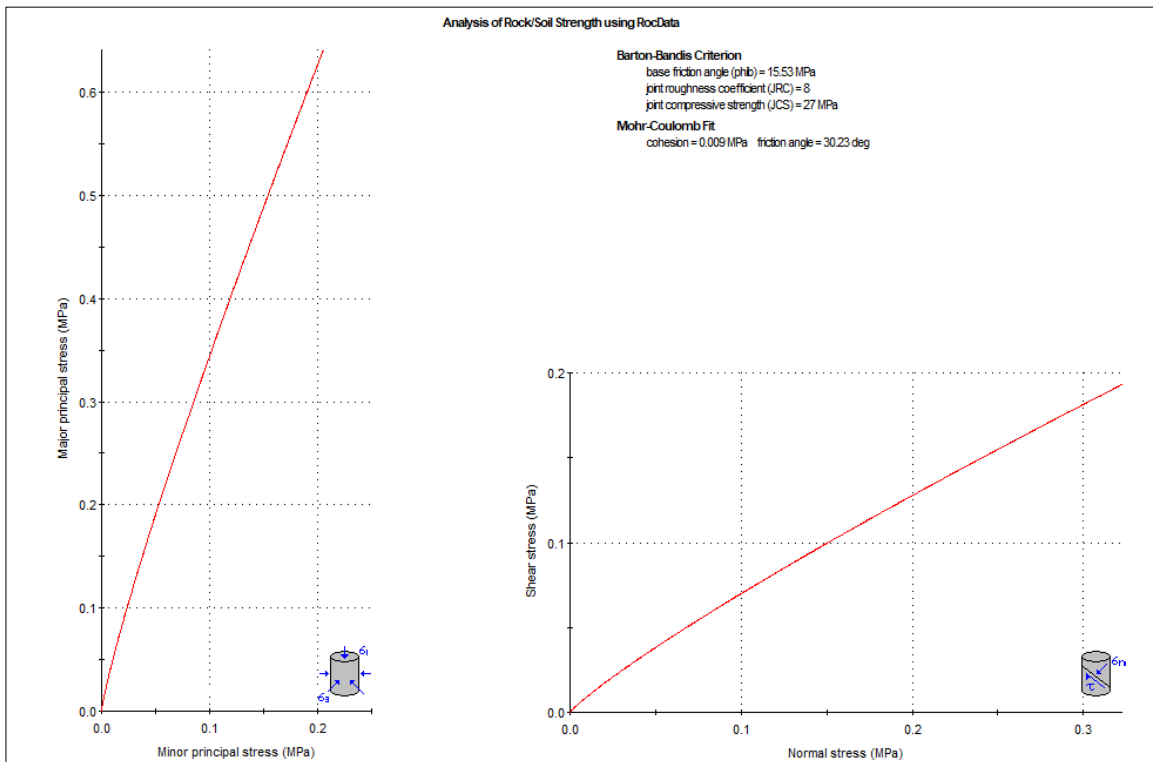


Zona Geomecánica 4

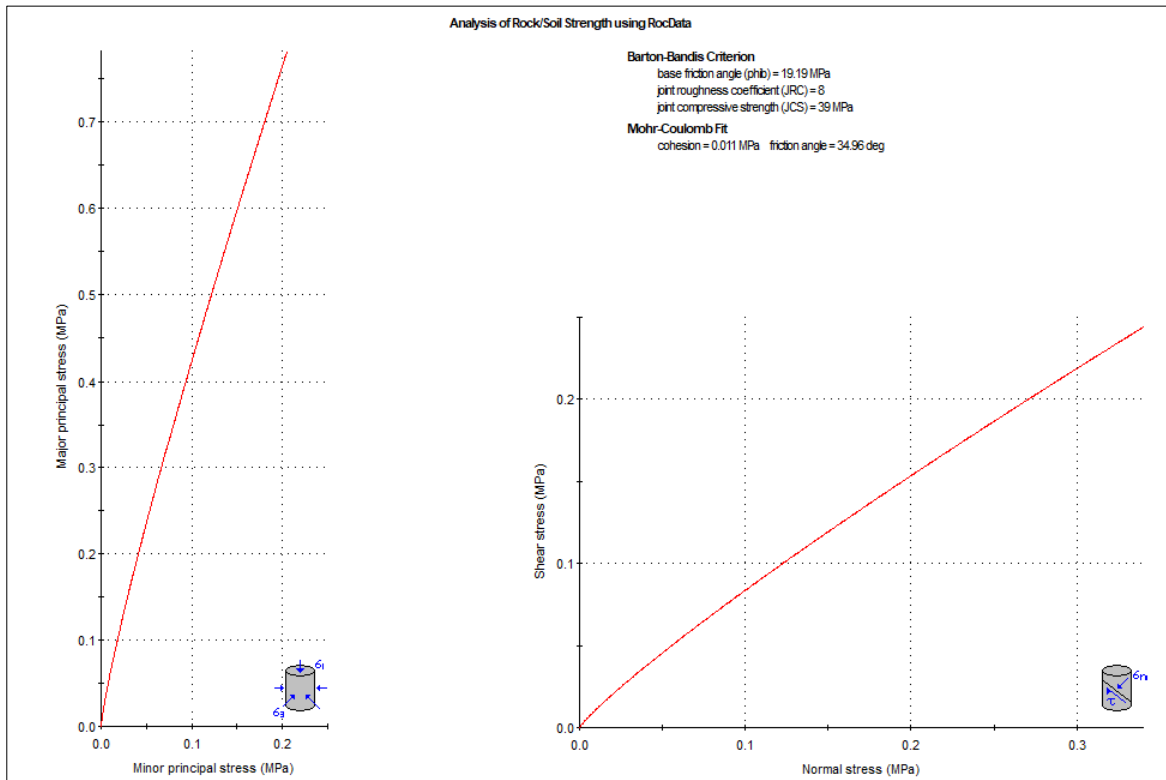
Discontinuidad 1



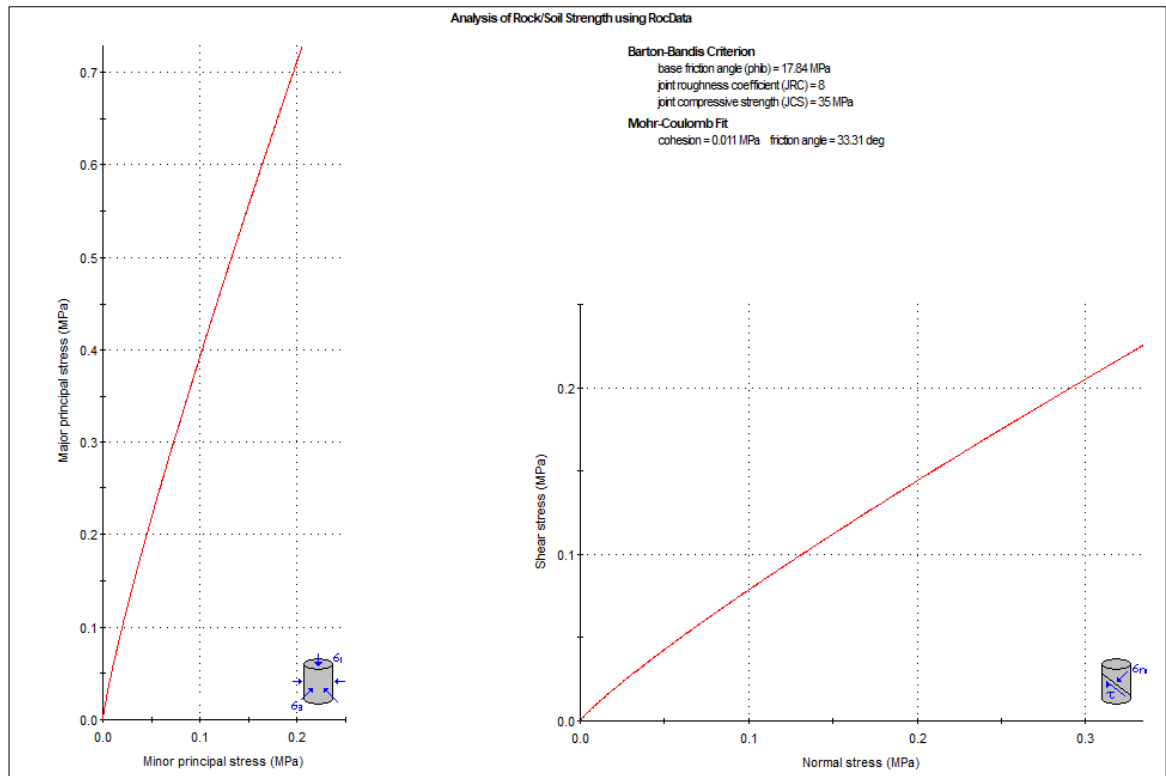
Discontinuidad 2



Discontinuidad 3

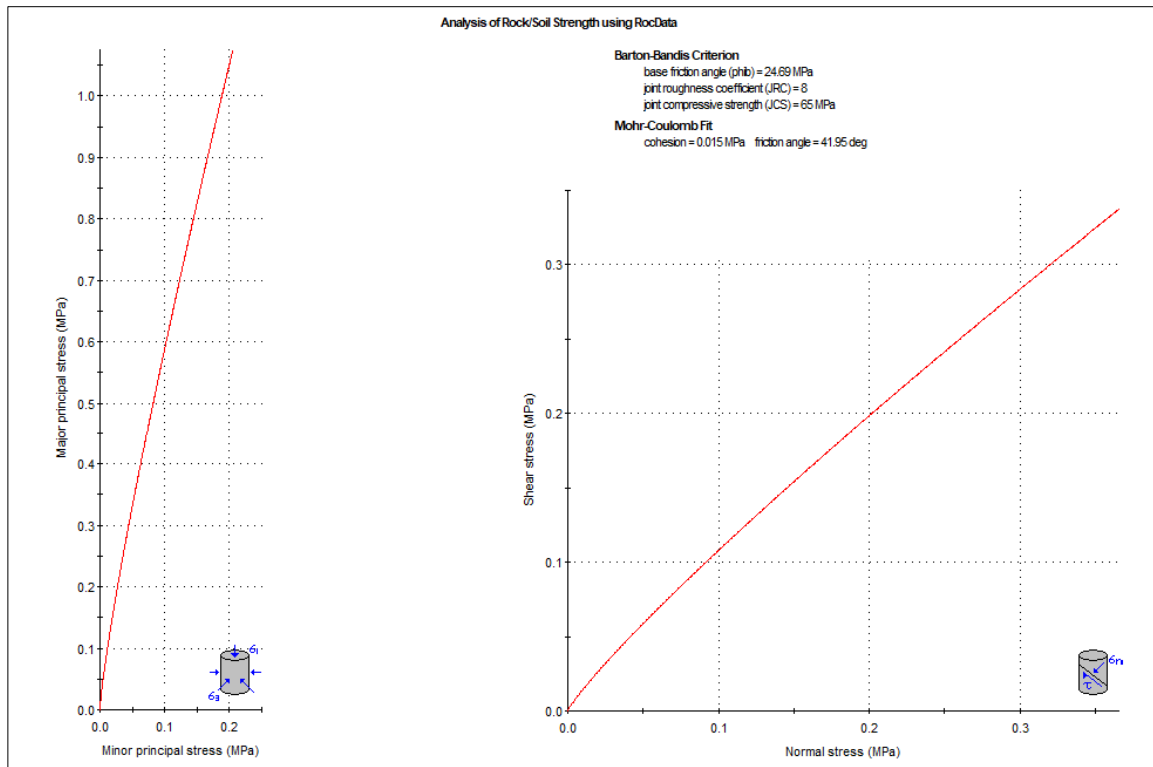


Discontinuidad 4

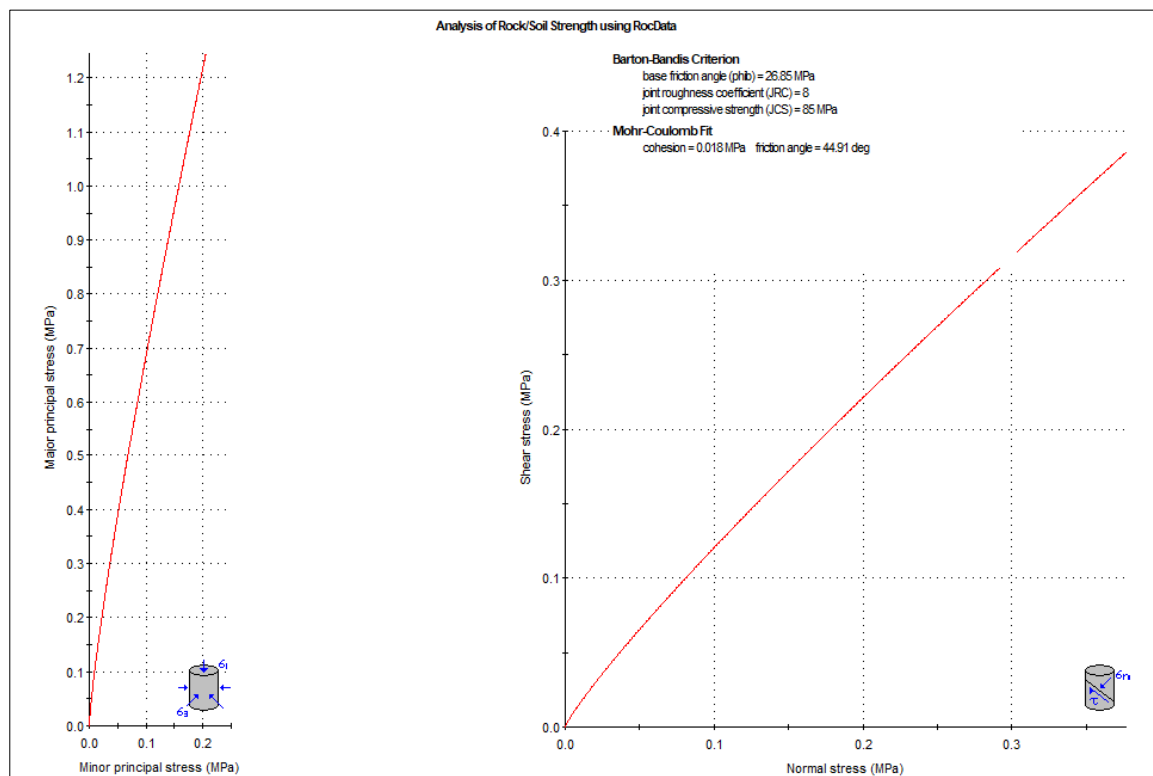


Zona Geomecánica 5

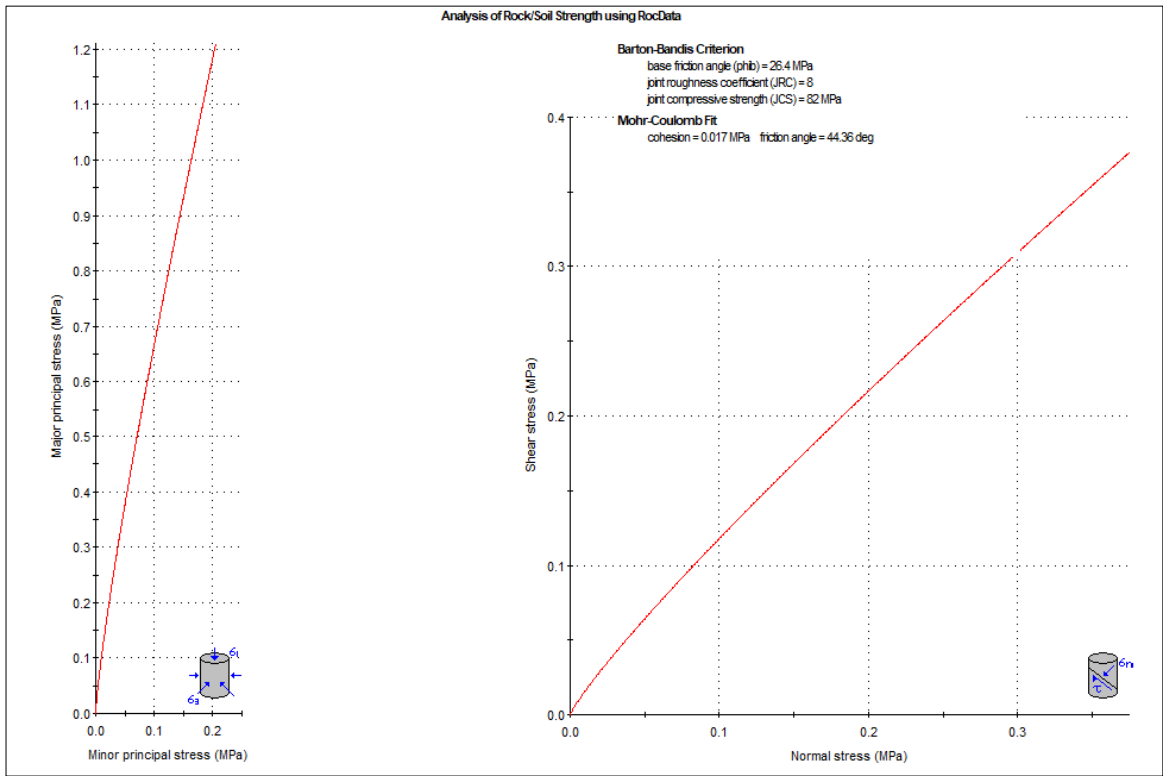
Discontinuidad 1



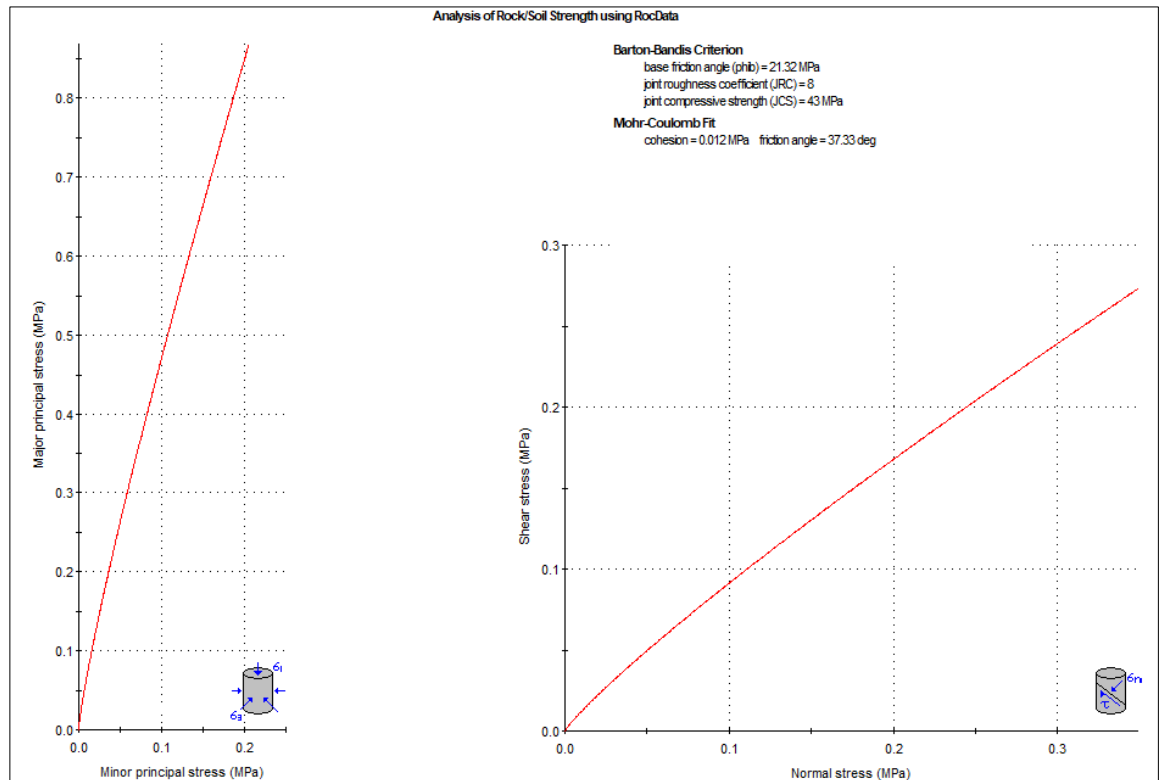
Discontinuidad 2



Discontinuidad 3

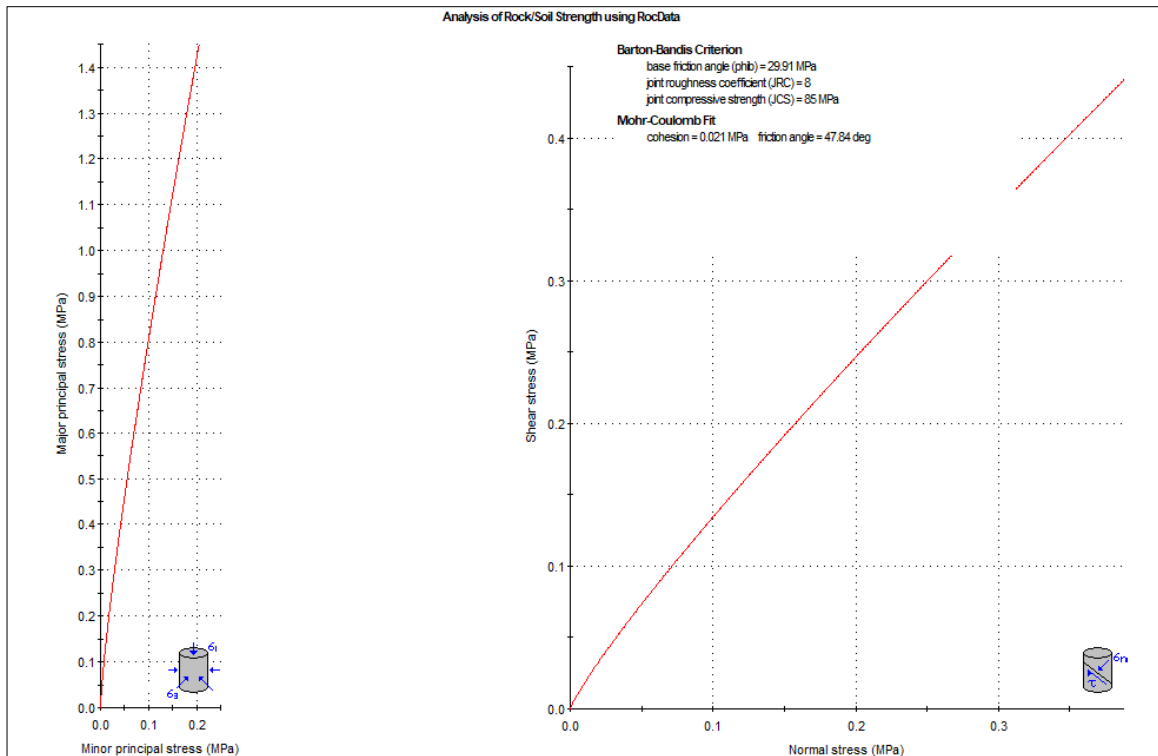


Discontinuidad 4

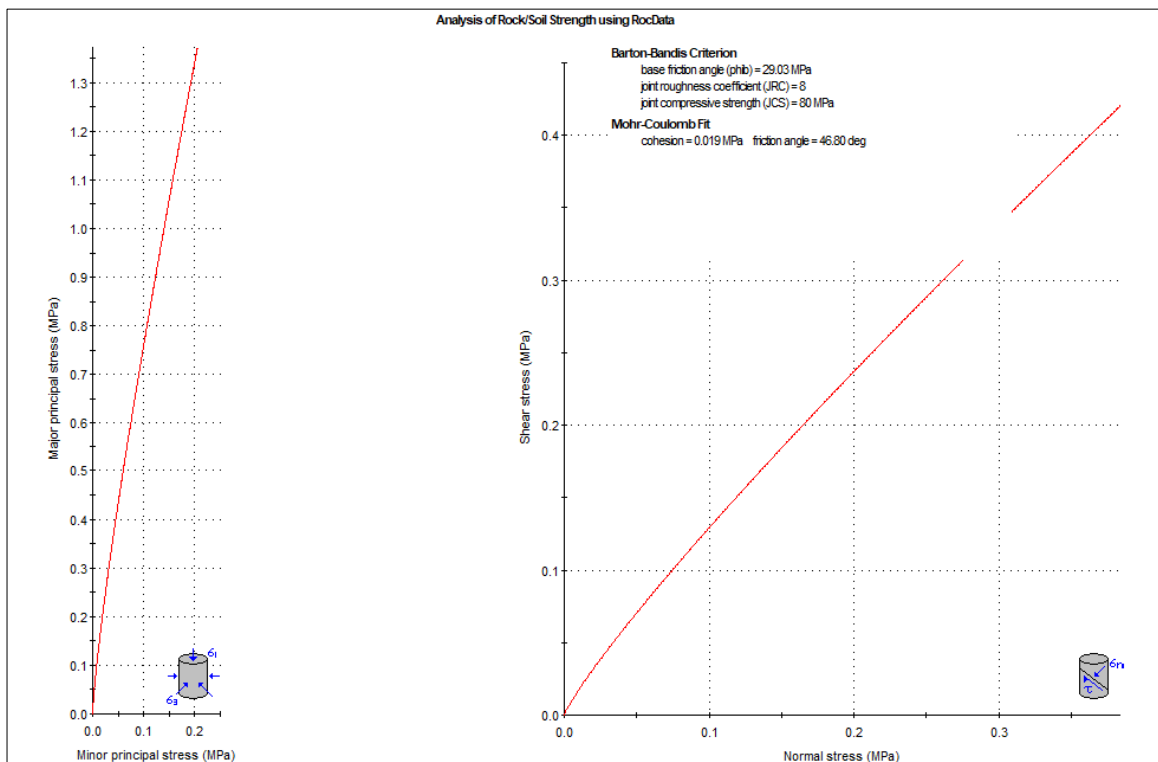


Zona Geomecánica 6

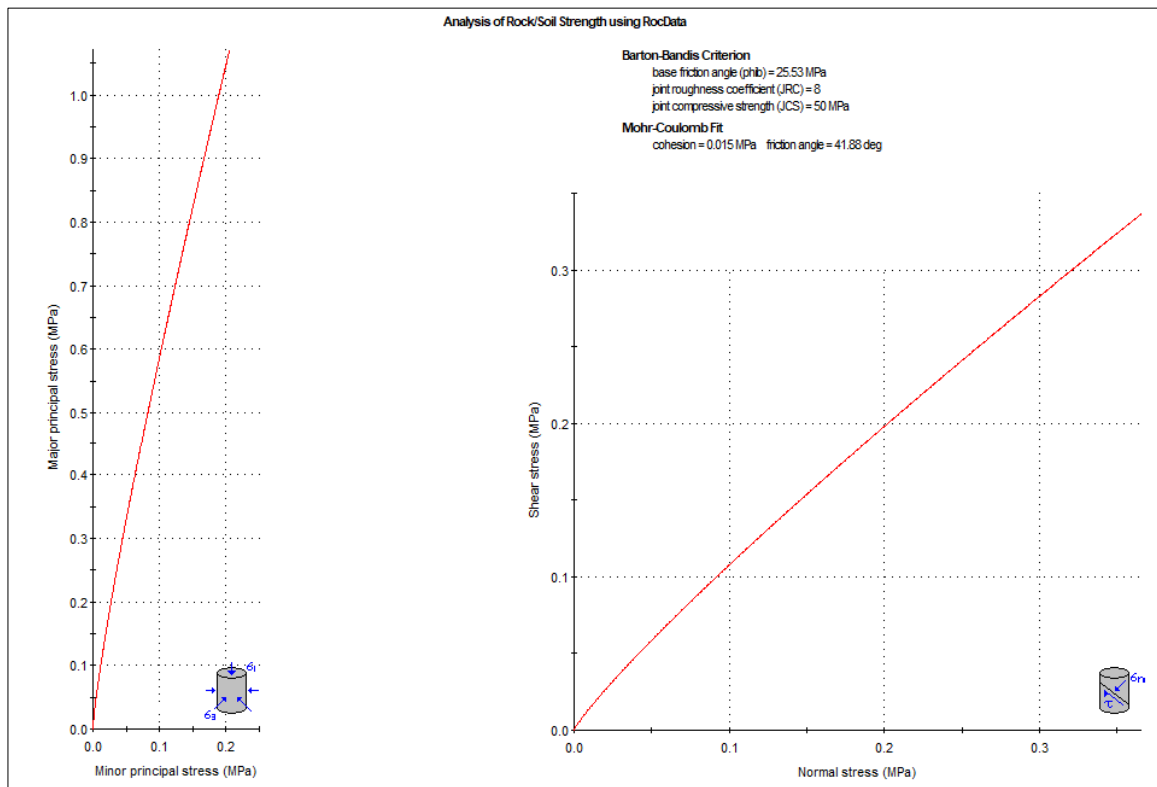
Discontinuidad 1



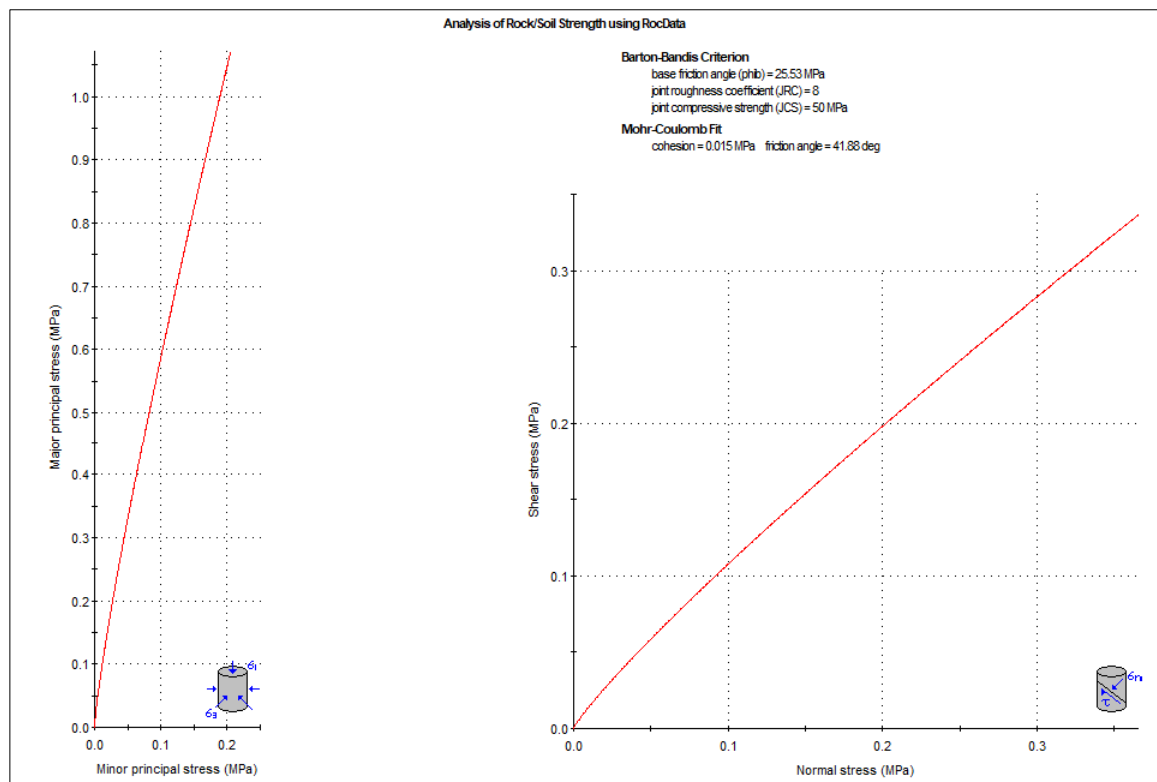
Discontinuidad 2



Discontinuidad 3



Discontinuidad 4

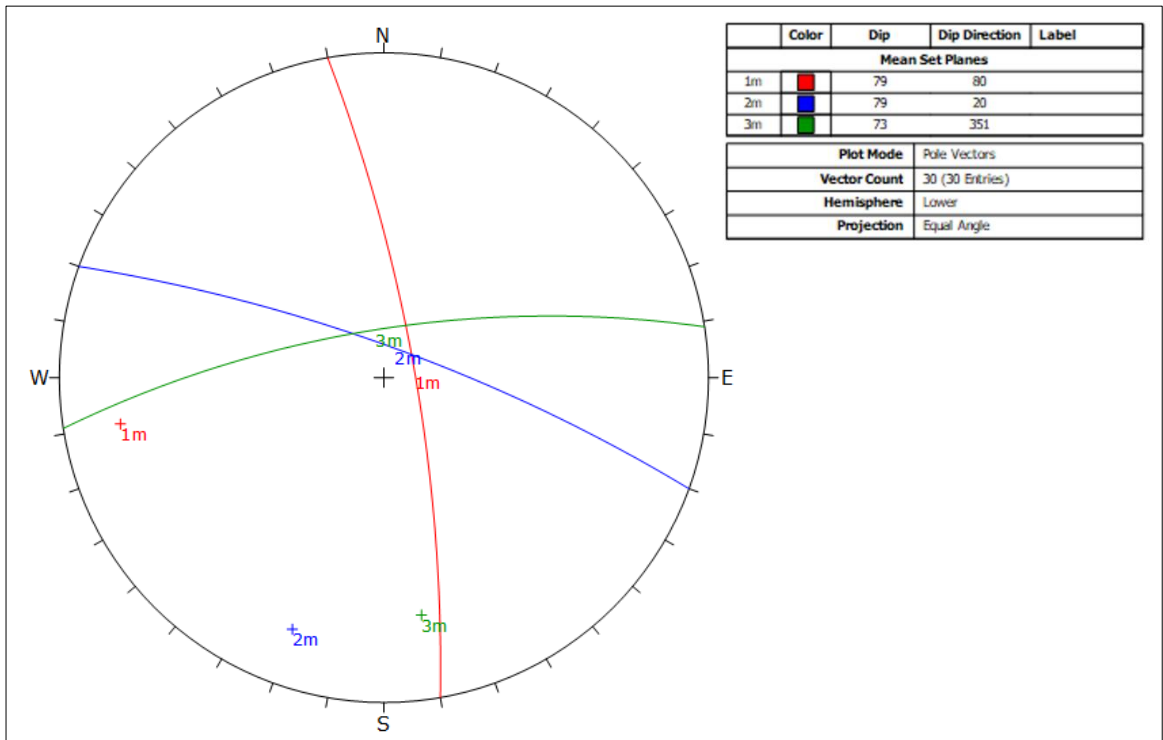


Anexo 6

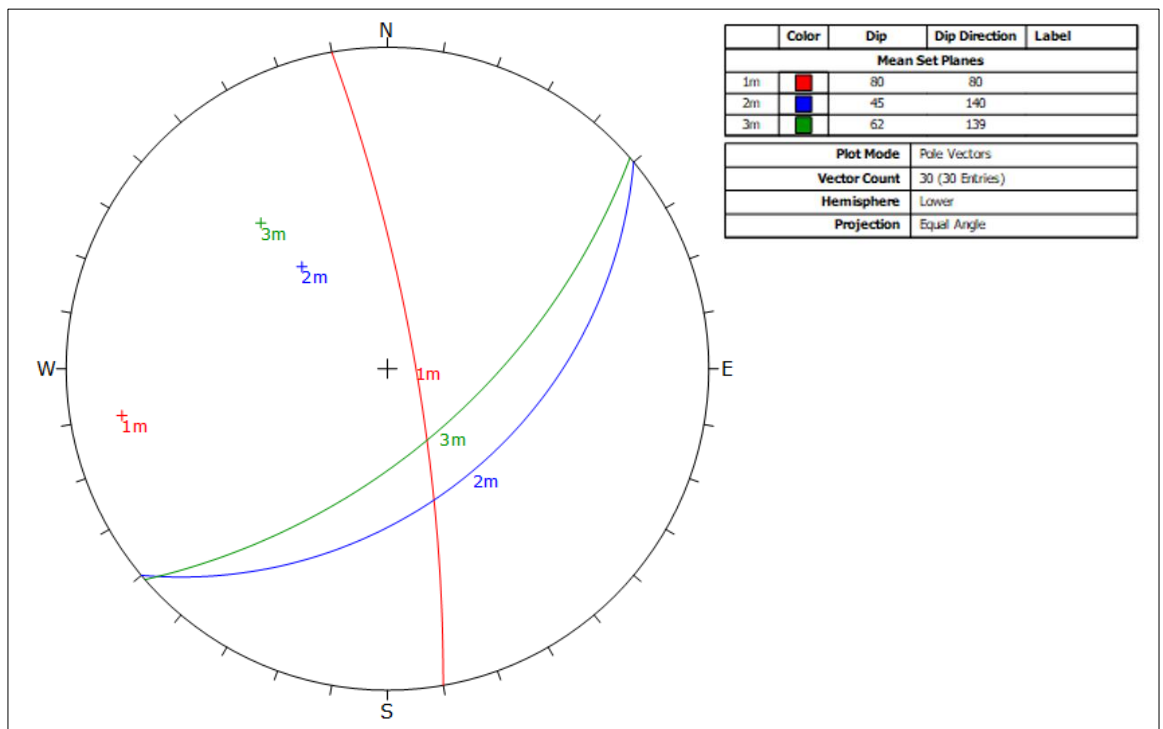
Análisis estereográfico

Análisis estereográfico en cada estación geomecánica

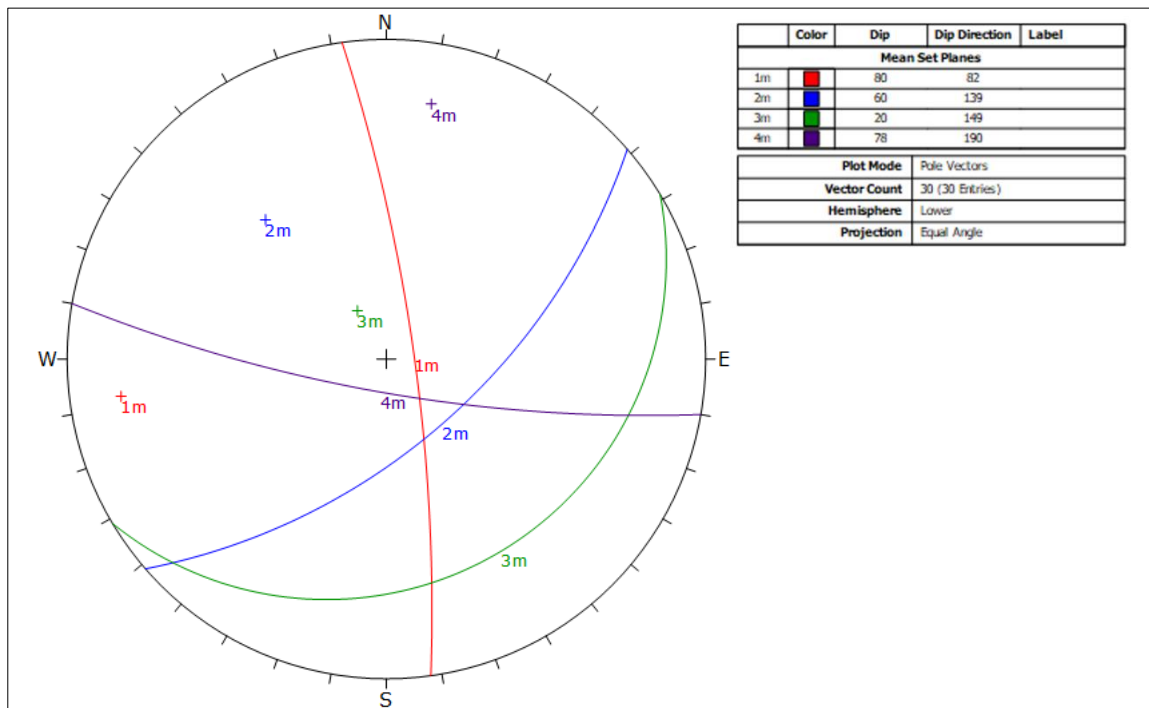
Estación Geomecánica 1



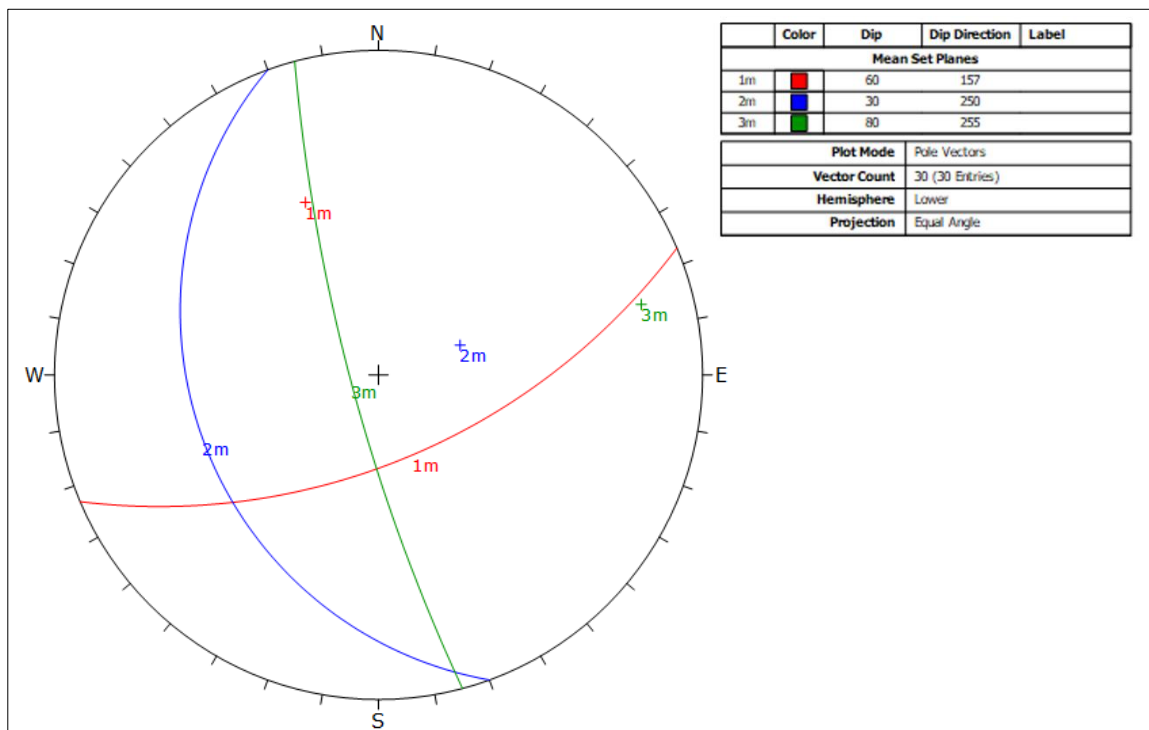
Estación Geomecánica 2



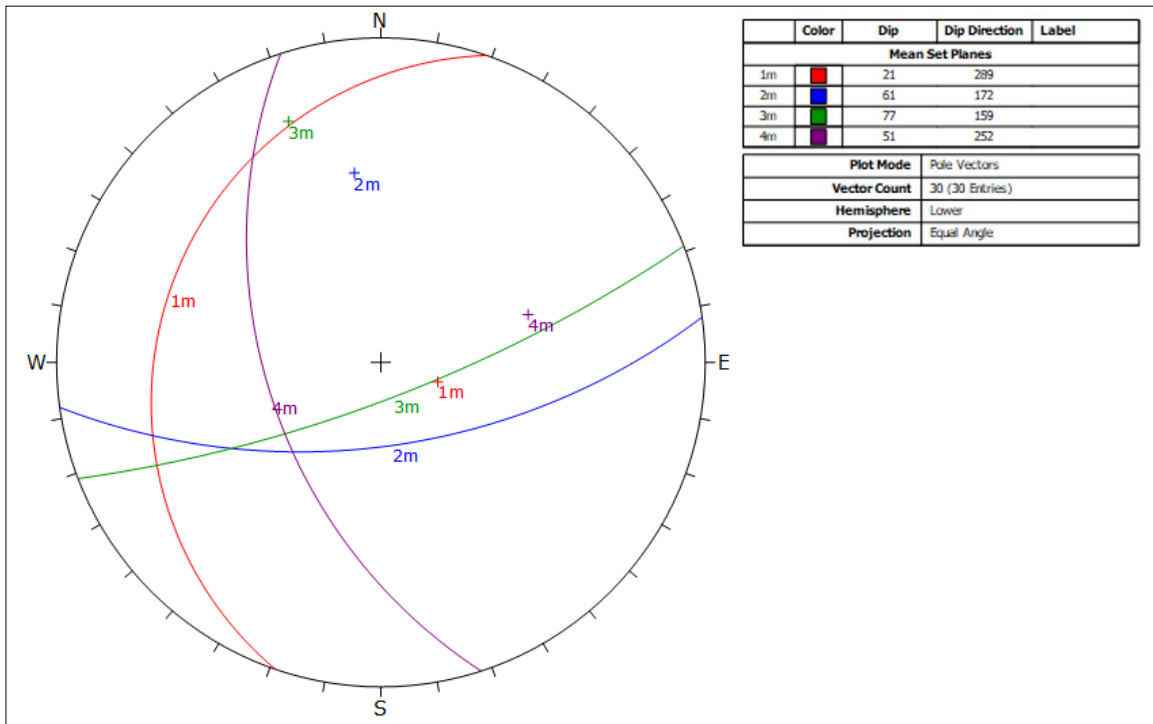
Estación Geomecánica 3



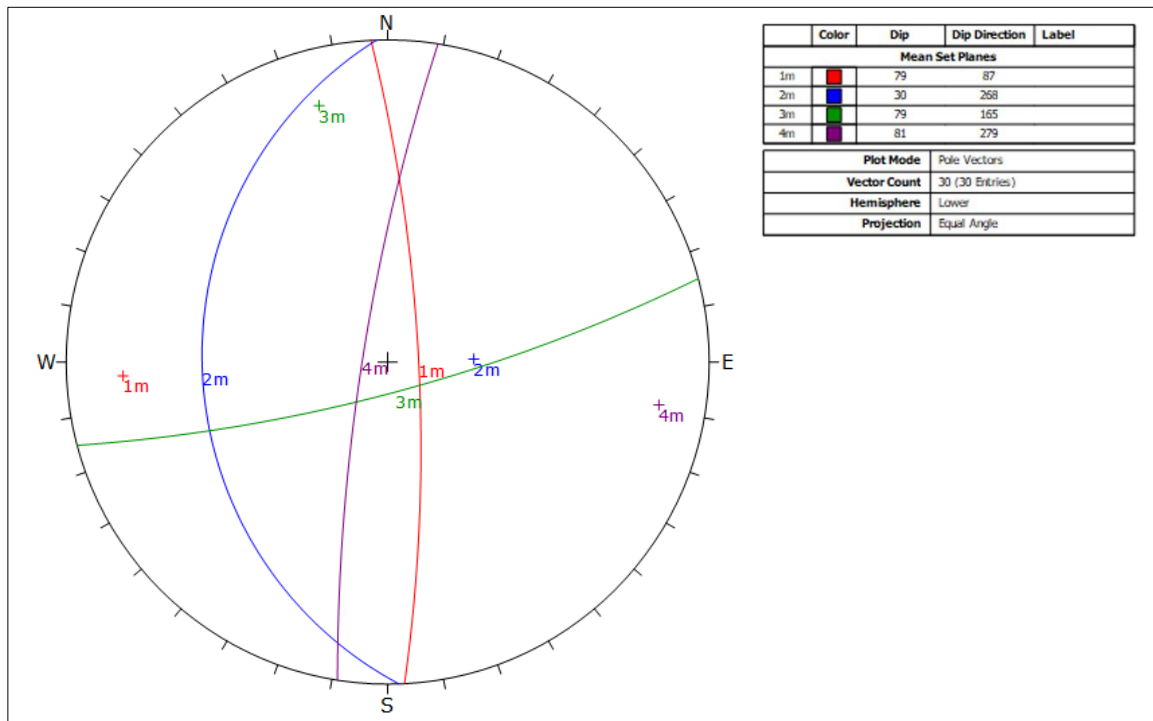
Estación Geomecánica 4



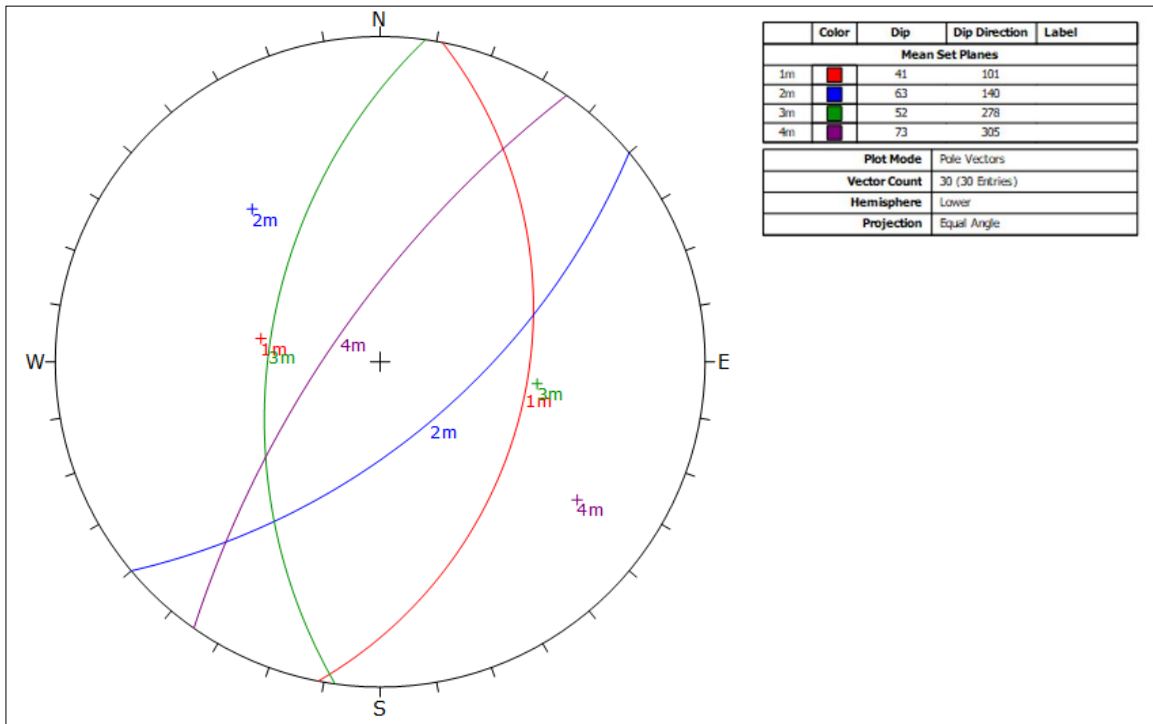
Estación Geomecánica 5



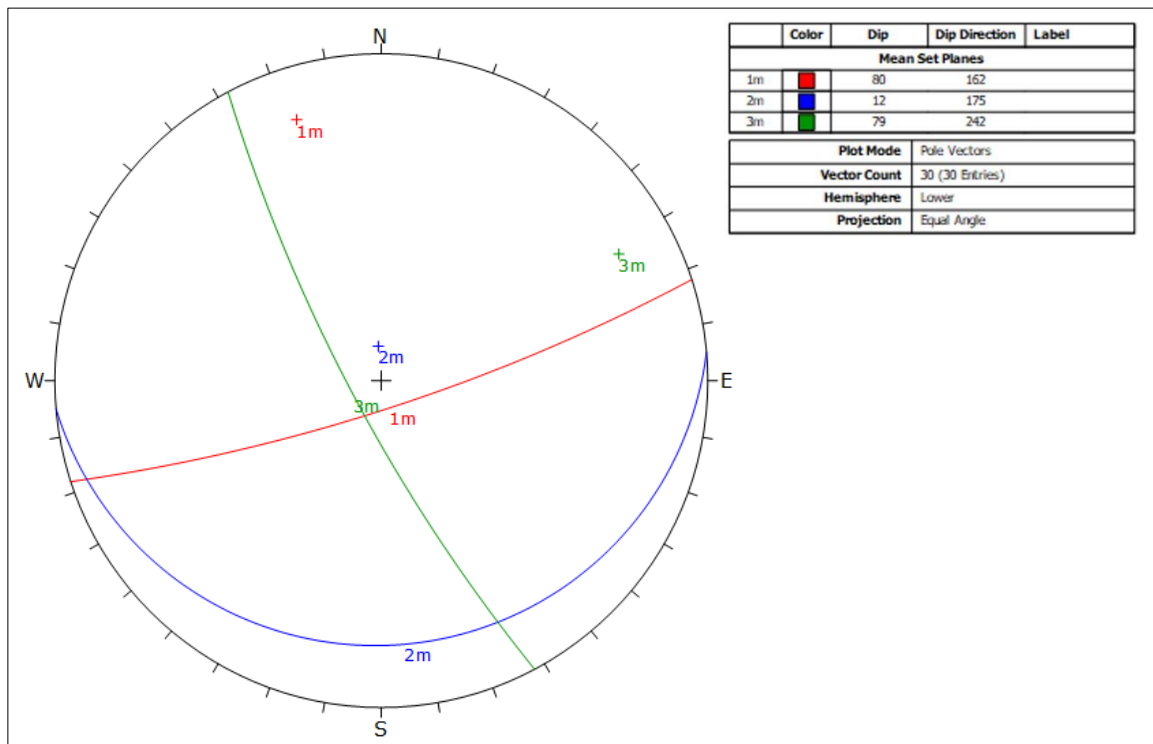
Estación Geomecánica 6



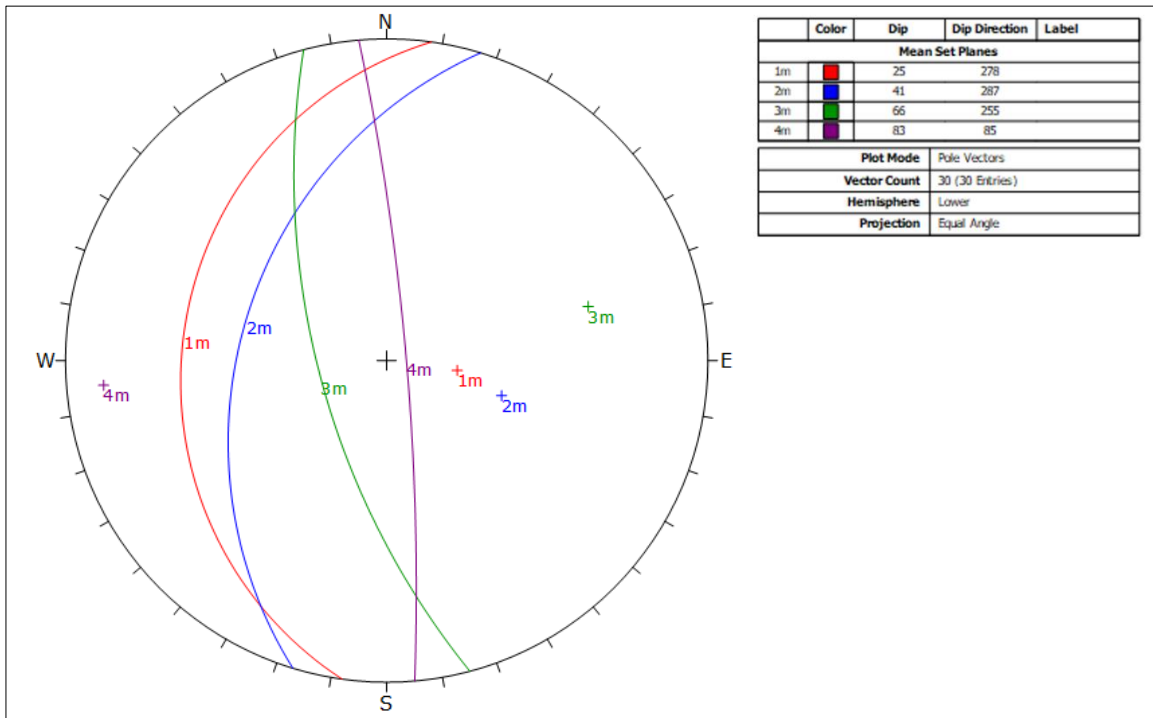
Estación Geomecánica 7



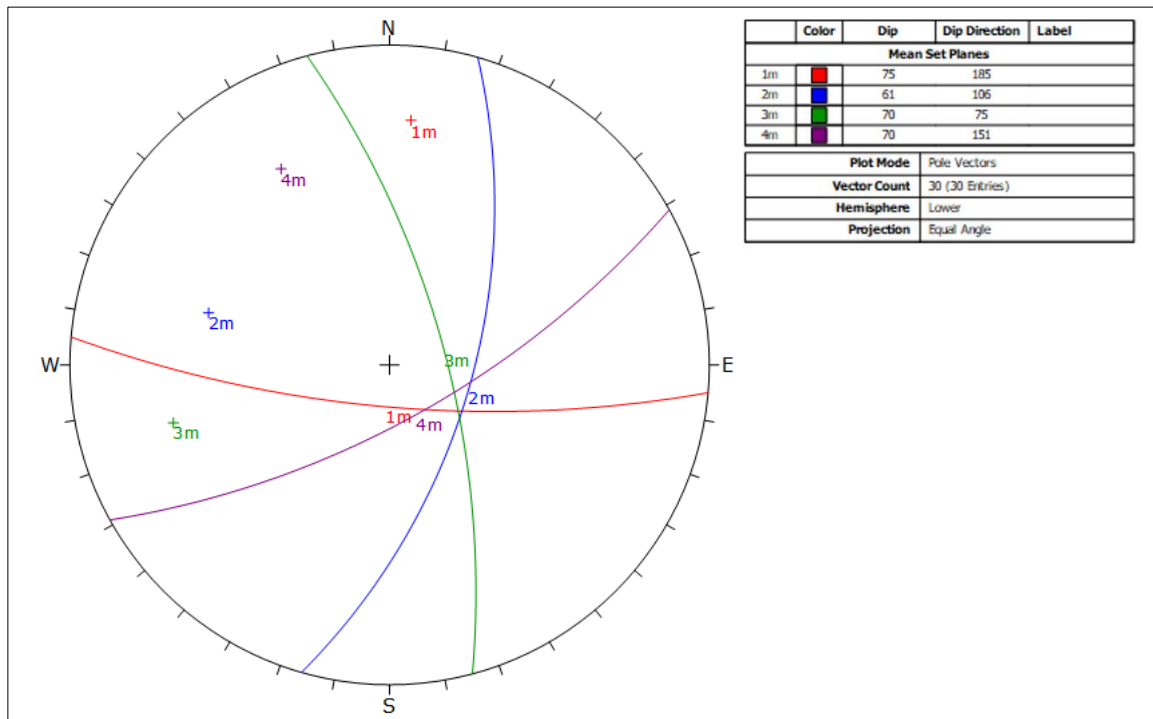
Estación Geomecánica 8



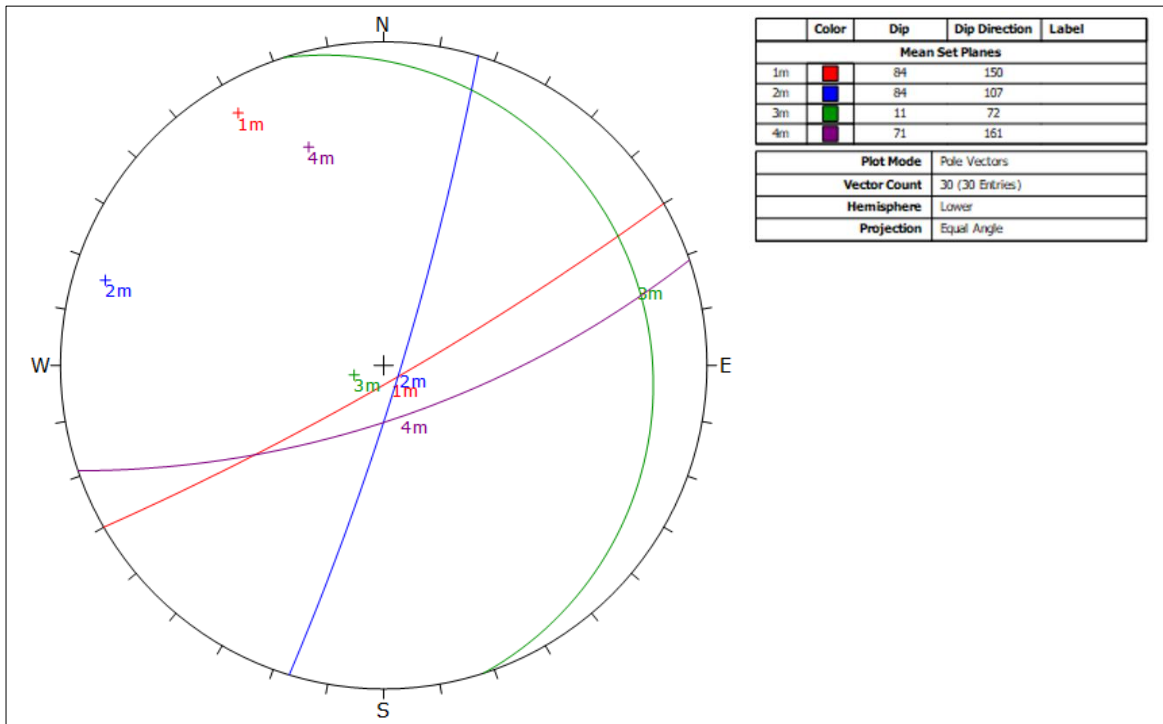
Estación Geomecánica 9



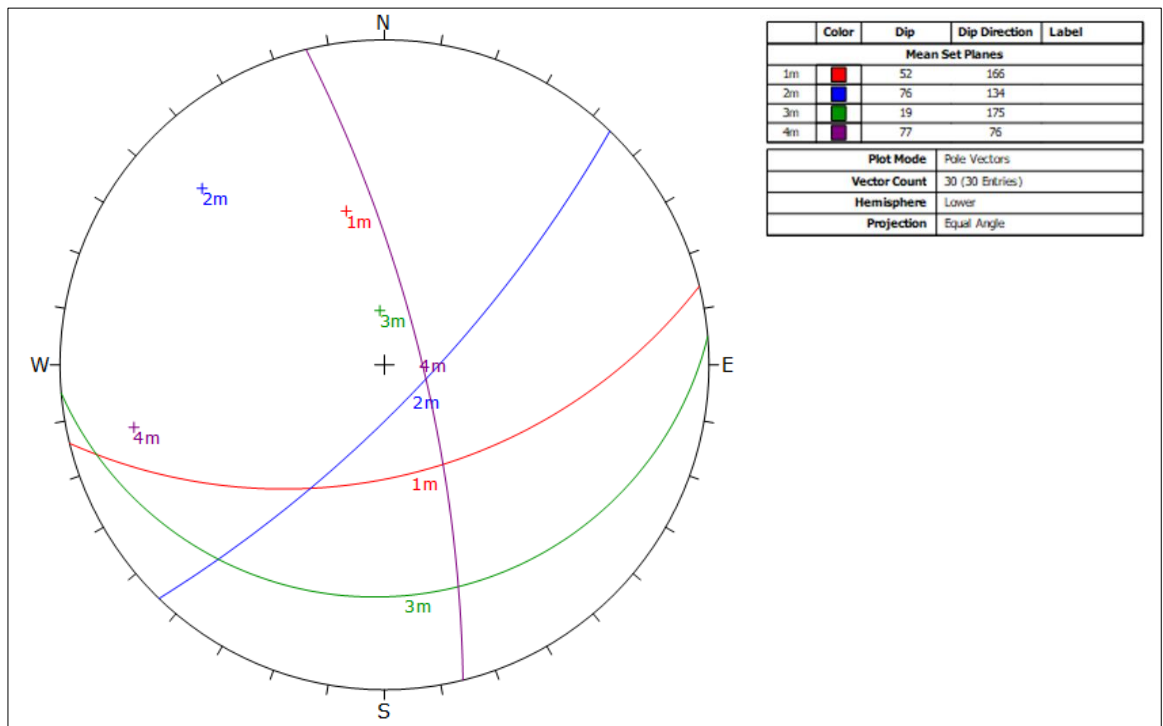
Estación Geomecánica 10



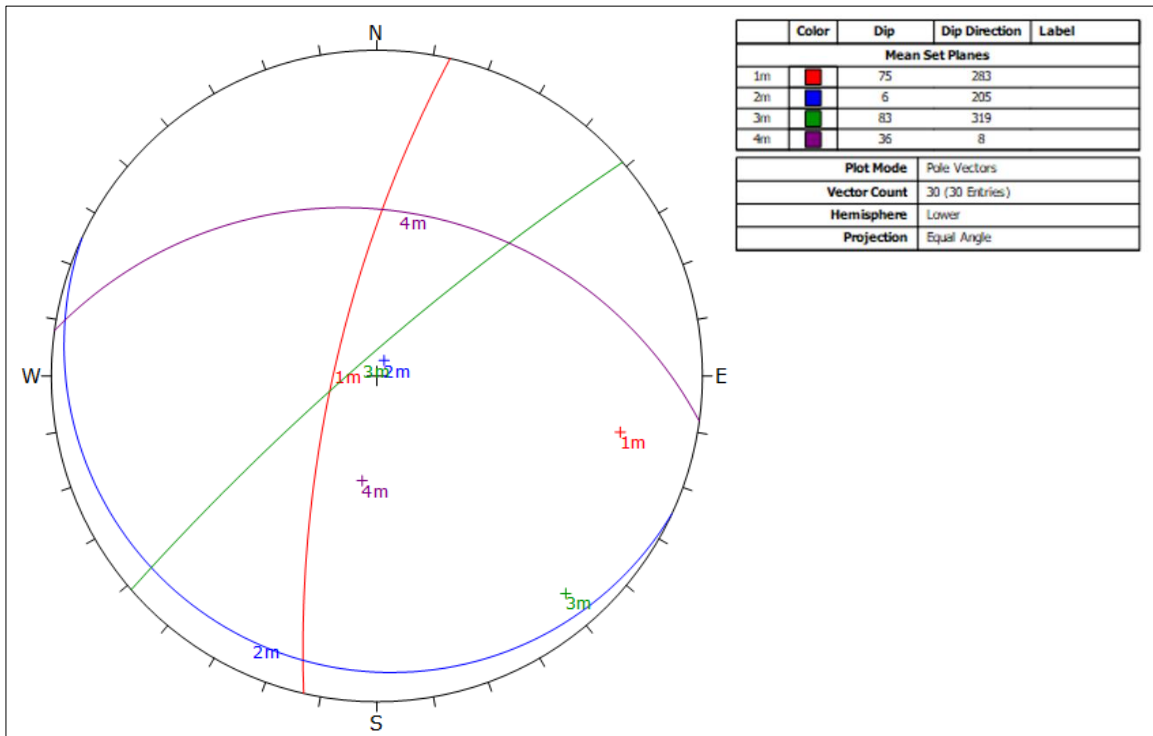
Estación Geomecánica 11



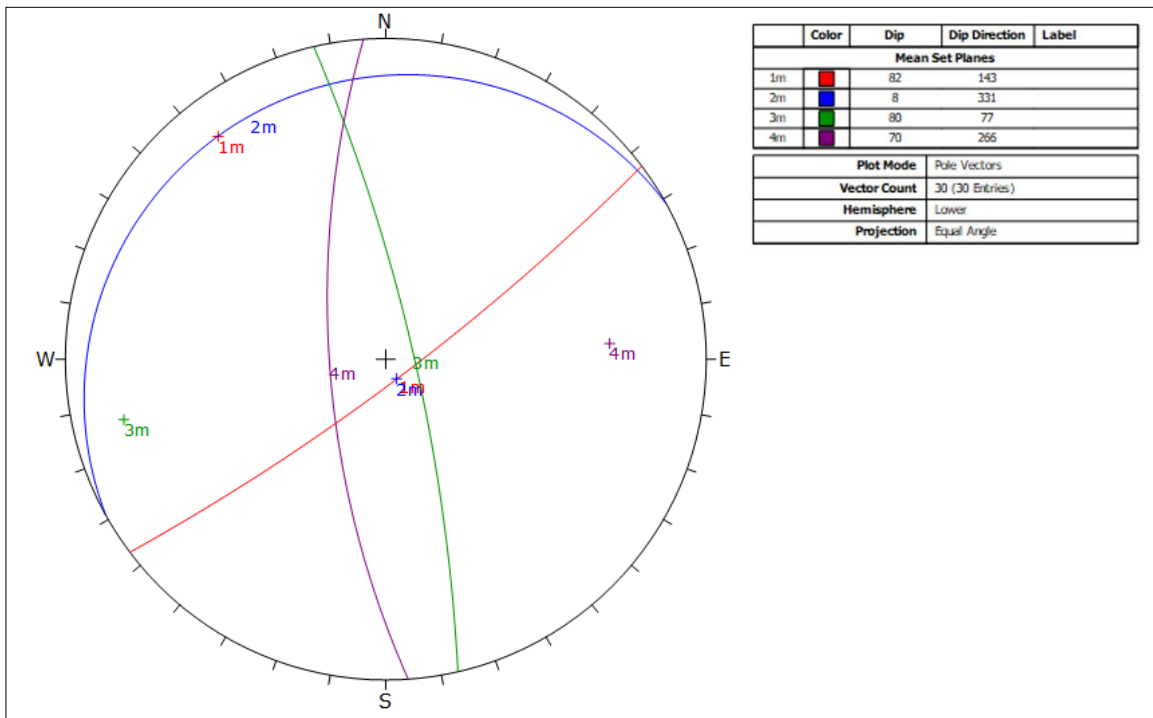
Estación Geomecánica 12



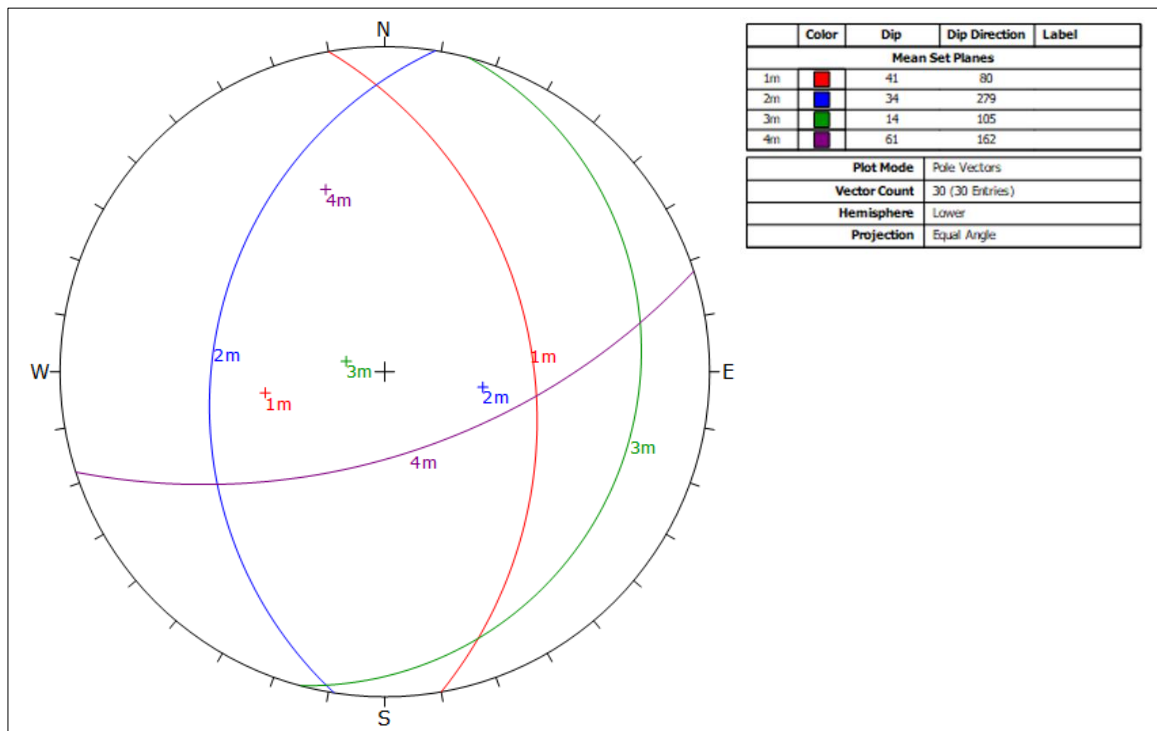
Estación Geomecánica 13



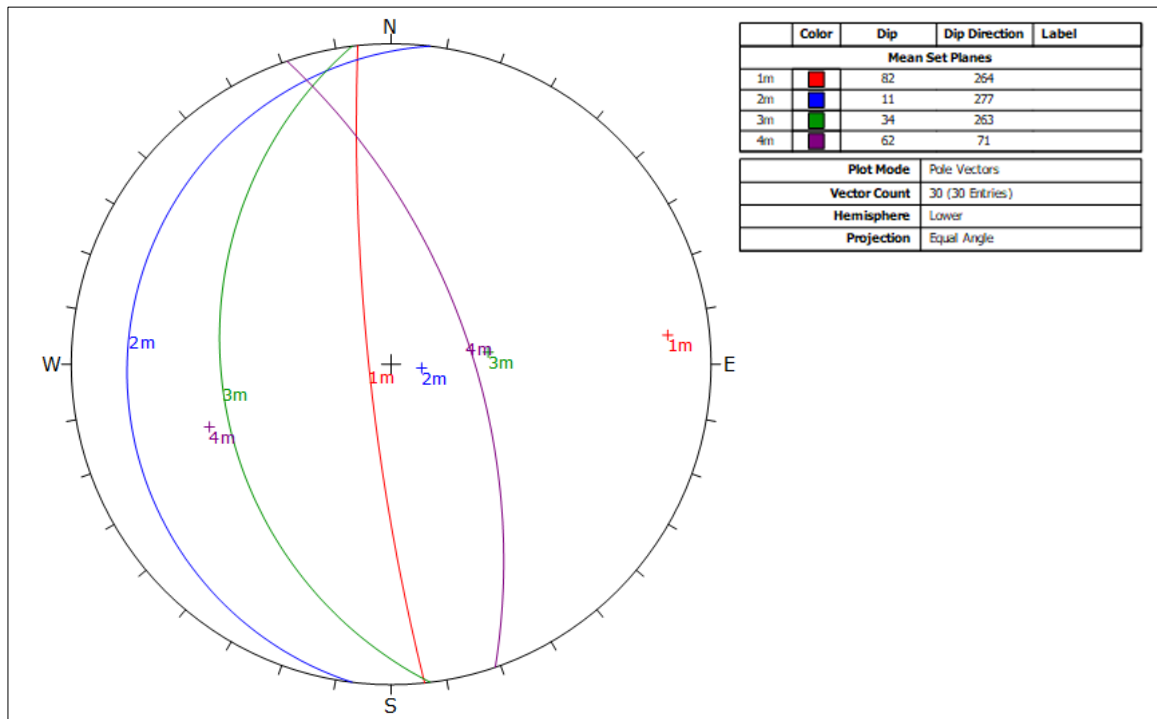
Estación Geomecánica 14



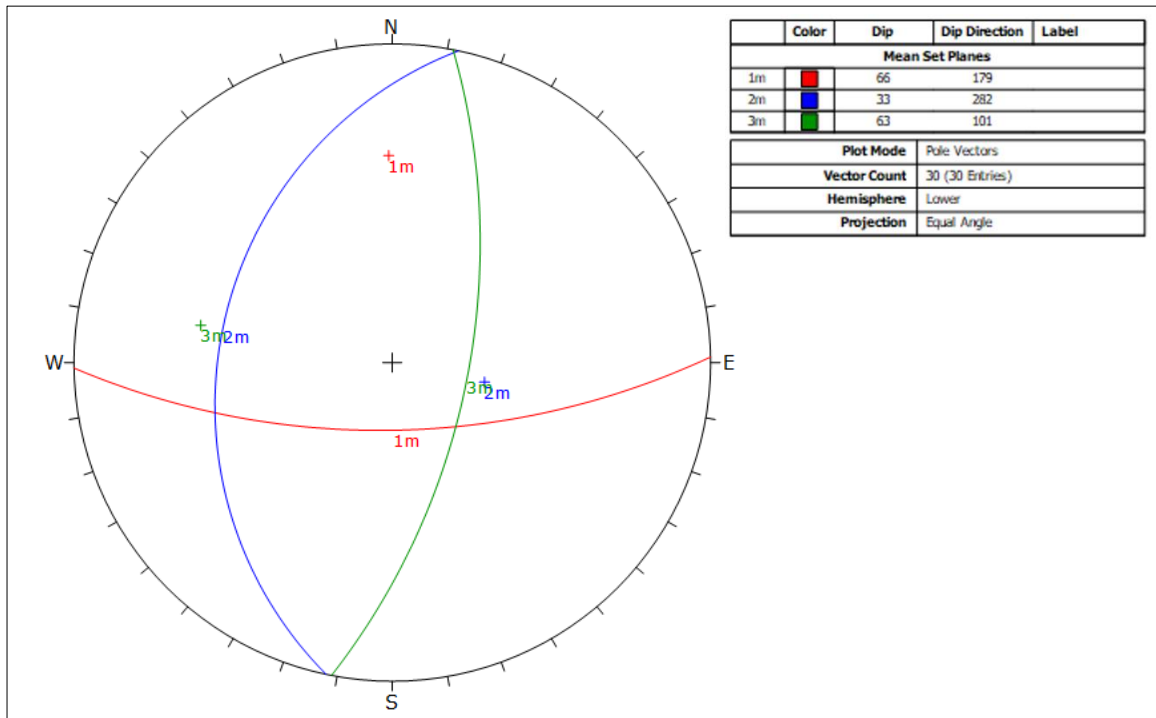
Estación Geomecánica 15



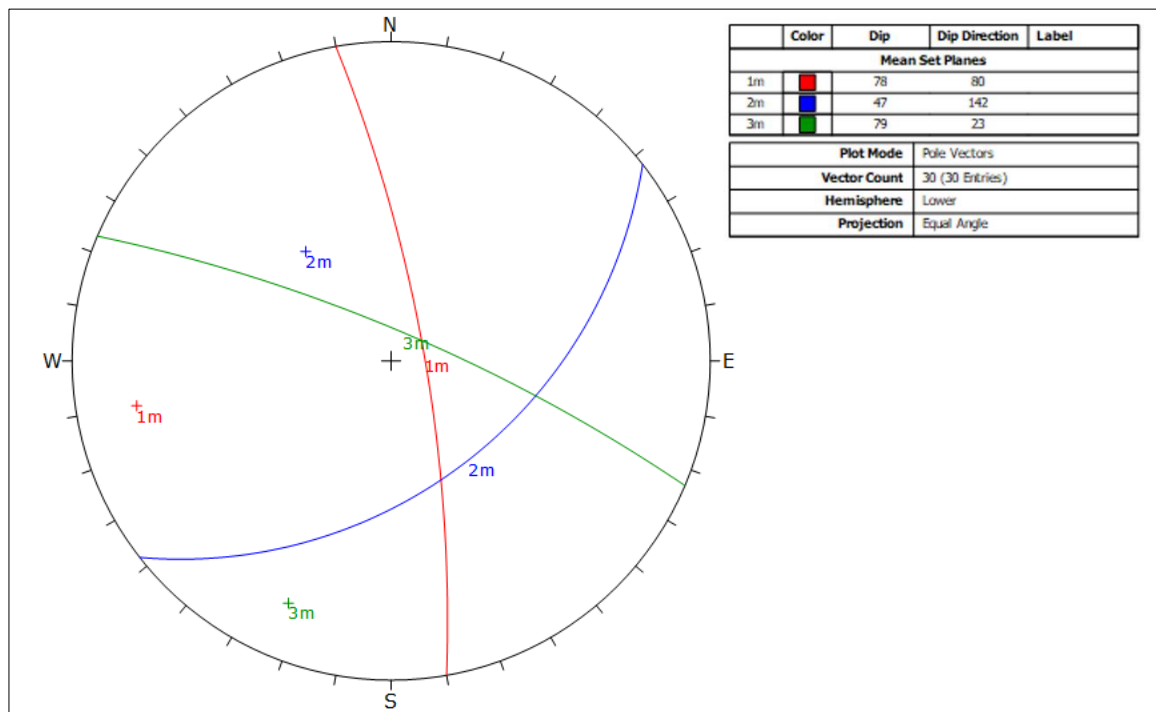
Estación Geomecánica 16



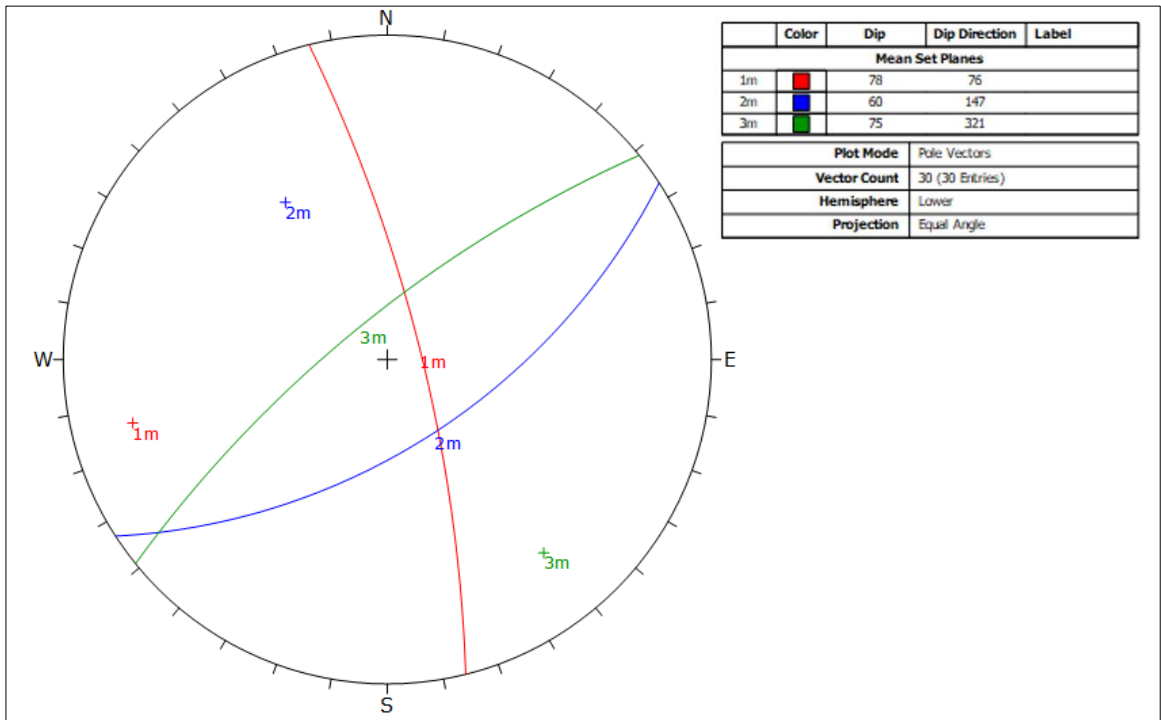
Estación Geomecánica 17



Estación Geomecánica 18

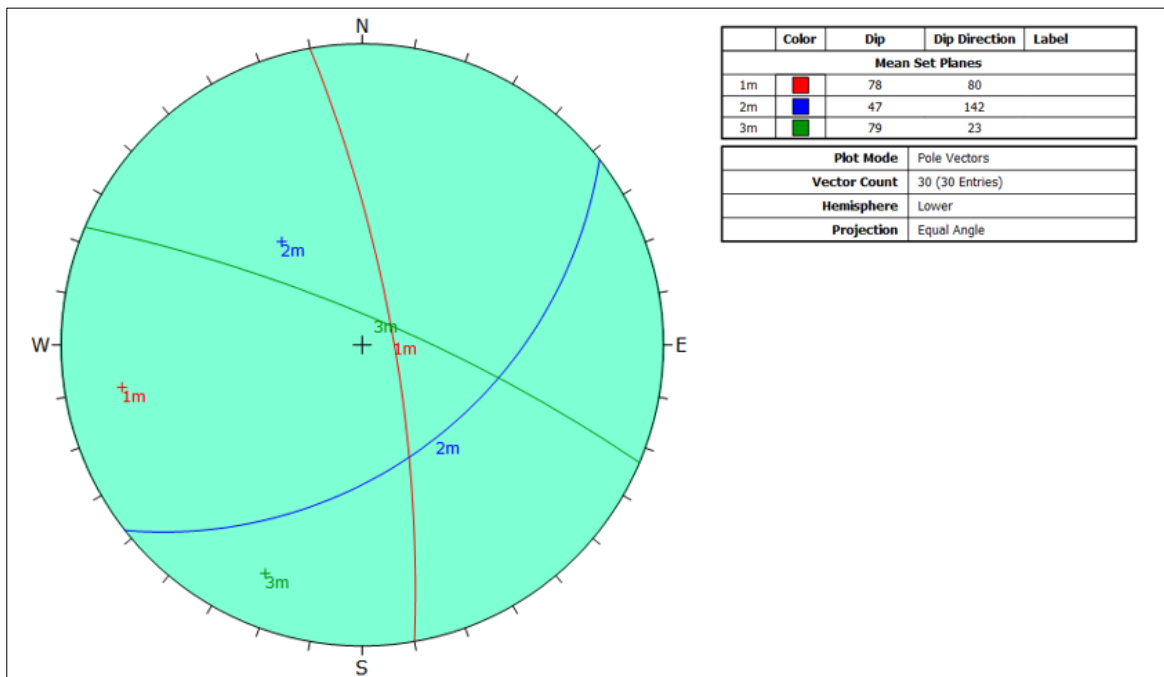


Estación Geomecánica 19

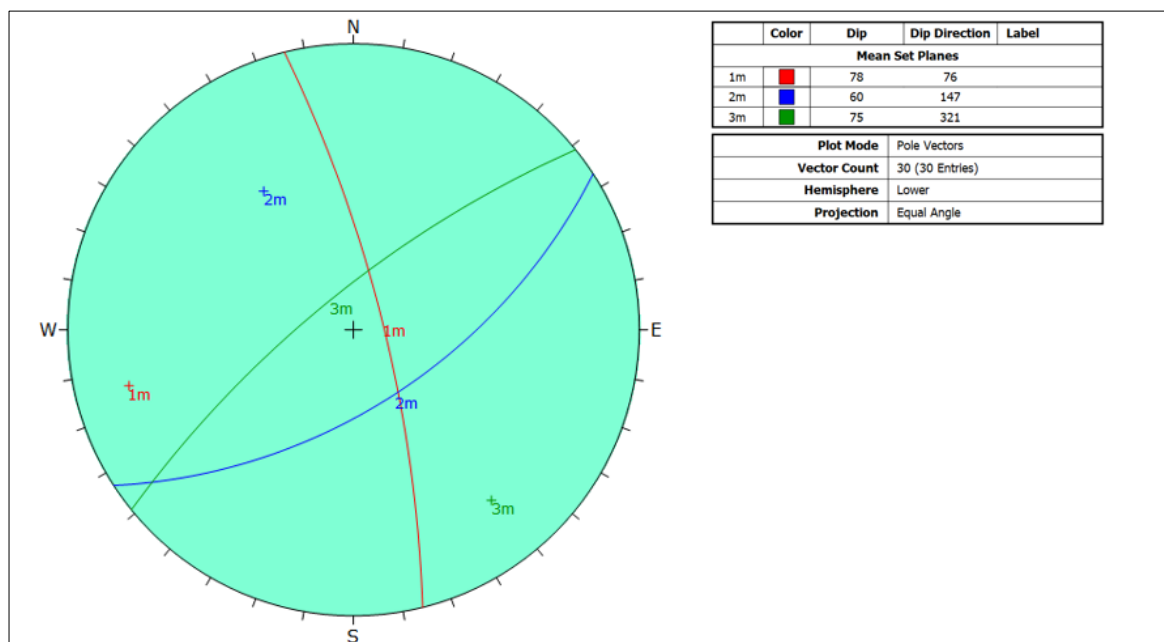


Análisis estereográfico en cada zona geomecánica

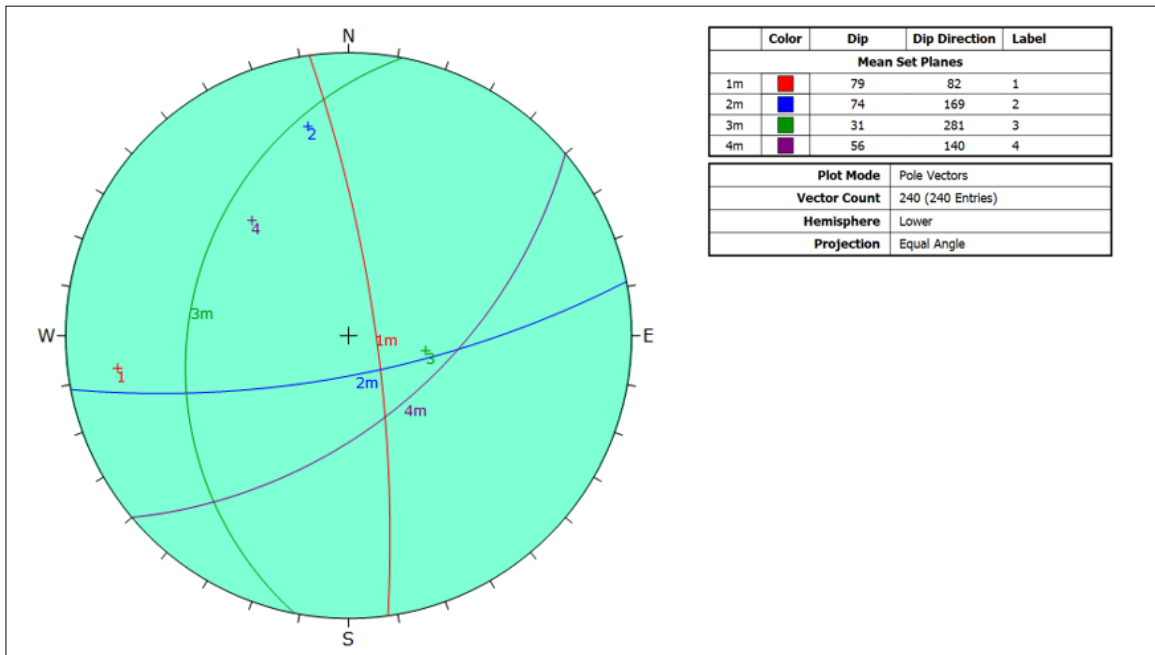
Zona Geomecánica 1



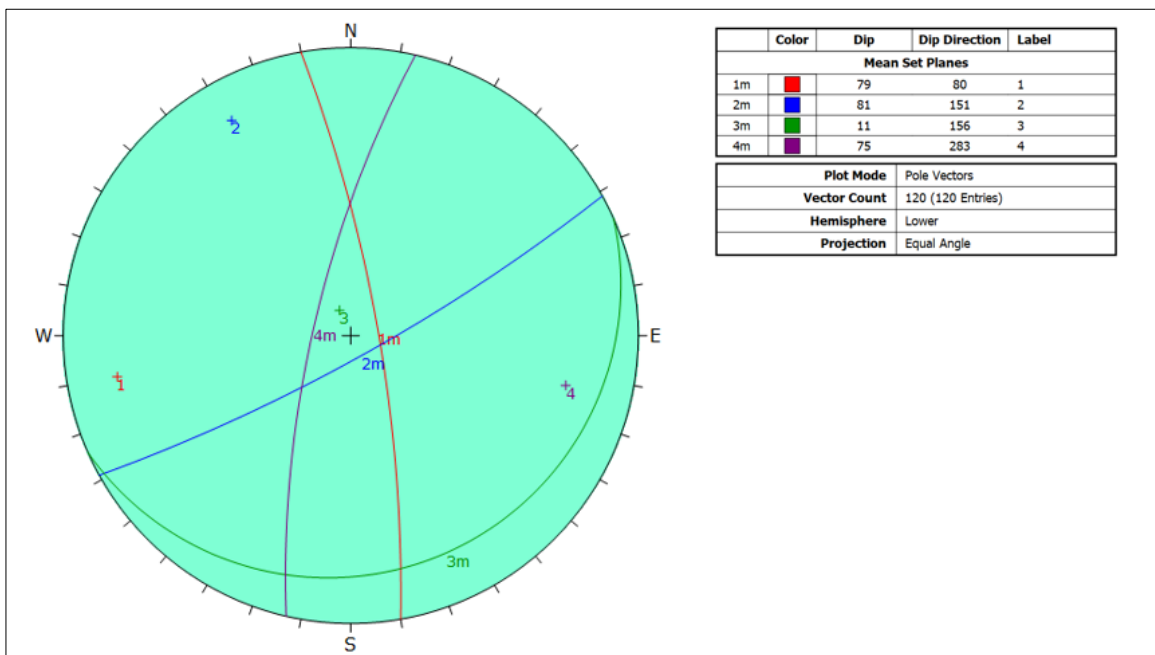
Zona Geomecánica 2



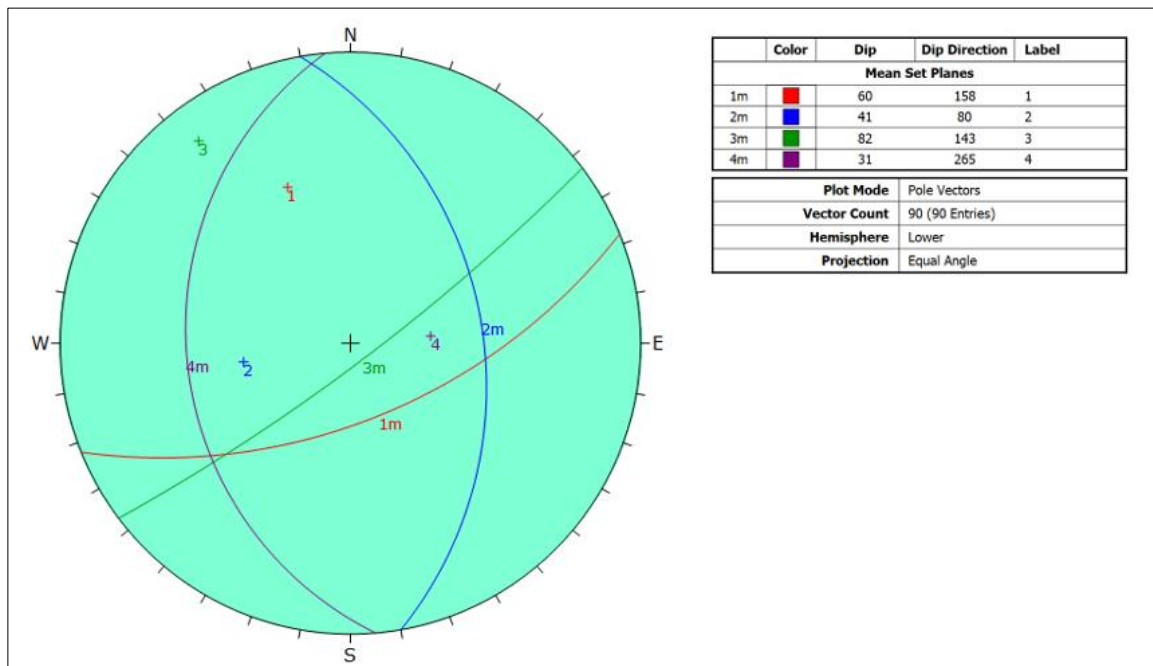
Zona Geomecánica 3



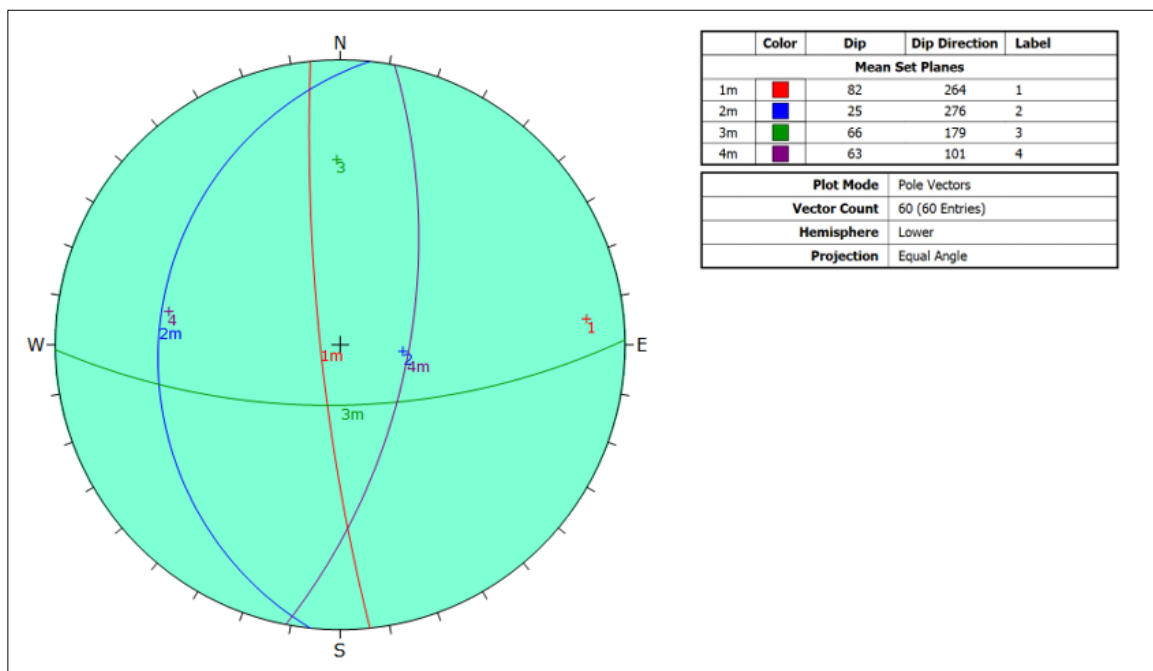
Zona Geomecánica 4



Zona Geomecánica 5



Zona Geomecánica 6



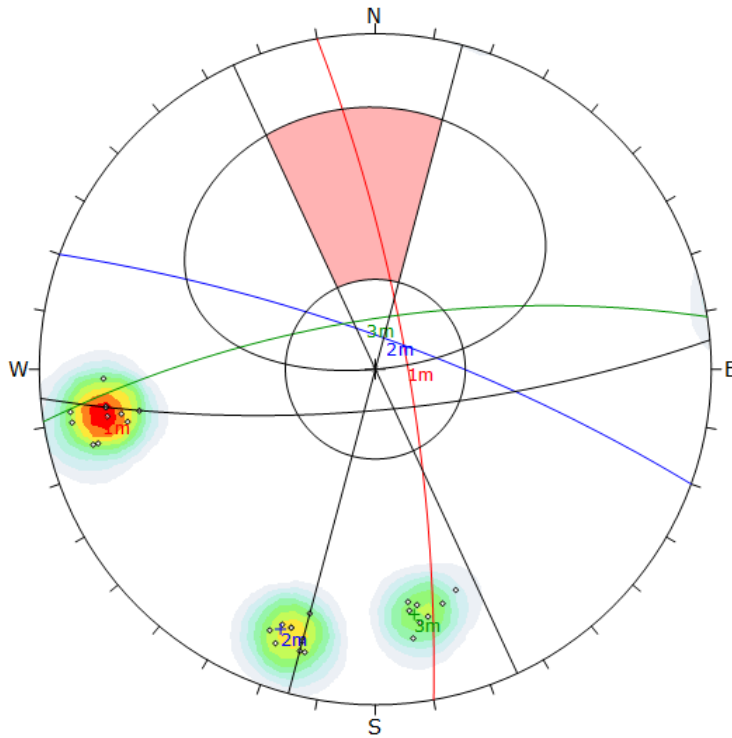
Anexo 7

Análisis cinemático del macizo rocoso

Análisis cinemático en talud actual para cada estación geomecánica

Estación Geomecánica 1

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
Lightest Green	0.00 - 3.70
Light Green	3.70 - 7.40
Medium Green	7.40 - 11.10
Dark Green	11.10 - 14.80
Light Yellow	14.80 - 18.50
Yellow	18.50 - 22.20
Orange	22.20 - 25.90
Red-Orange	25.90 - 29.60
Red	29.60 - 33.30
Dark Red	33.30 - 37.00

Maximum Density	36.31%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

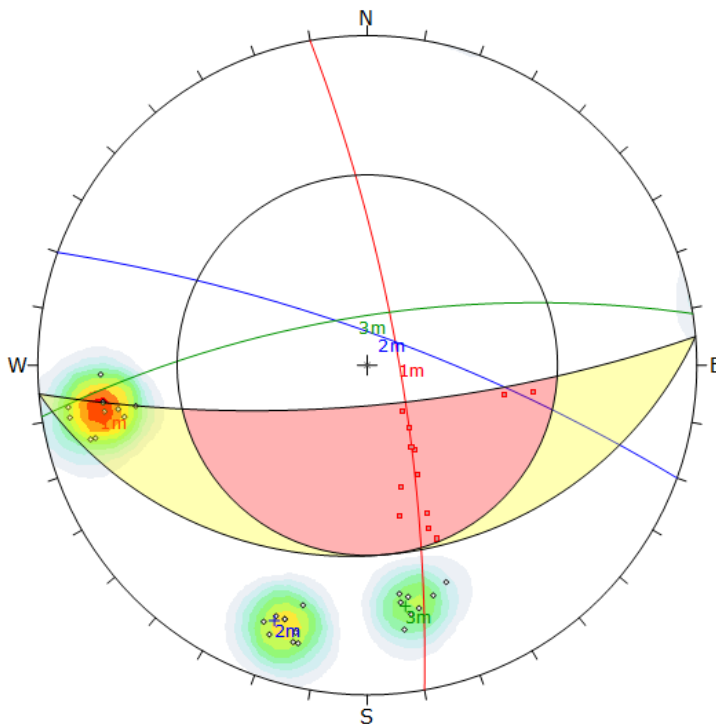
Kinematic Analysis		Planar Sliding
Slope Dip	76	
Slope Dip Direction	175	
Friction Angle	30°	
Lateral Limits	20°	

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	30	0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	79	80	
2m	79	20	
3m	73	351	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en cuña: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
+	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
Lightest Green	0.00 - 3.70
Light Green	3.70 - 7.40
Medium Green	7.40 - 11.10
Dark Green	11.10 - 14.80
Light Yellow	14.80 - 18.50
Yellow	18.50 - 22.20
Orange	22.20 - 25.90
Red-Orange	25.90 - 29.60
Red	29.60 - 33.30
Dark Red	33.30 - 37.00

Maximum Density	36.31%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

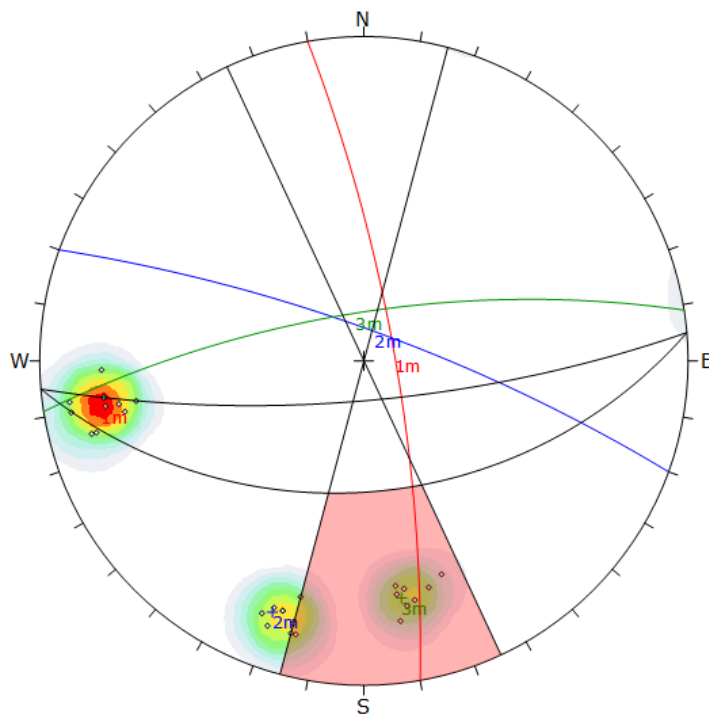
Kinematic Analysis		Wedge Sliding
Slope Dip	76	
Slope Dip Direction	175	
Friction Angle	30°	

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	19	428	4.44%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	79	80	
2m	79	20	
3m	73	351	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	428
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

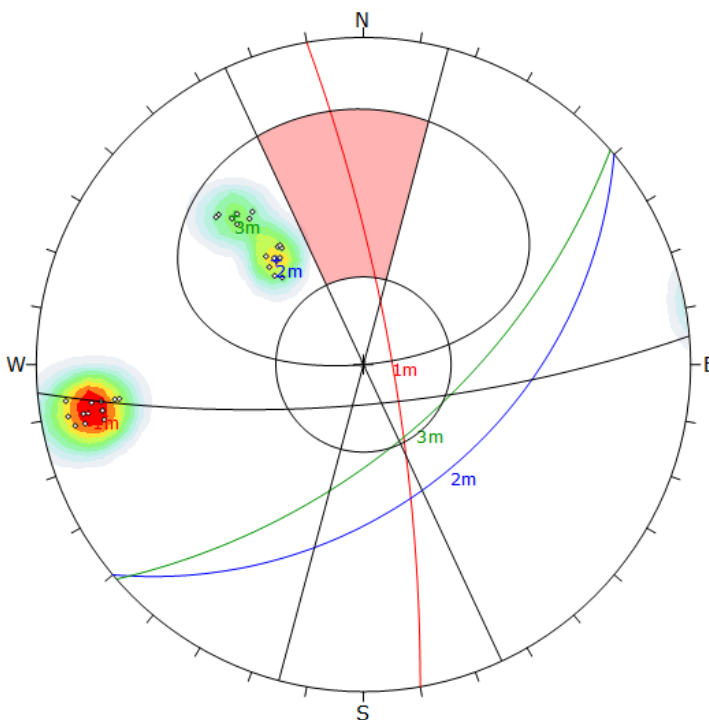
Rotura en vuelco: La Familia 3 genera potencial rotura en vuelco.



Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 3.70		
	3.70 - 7.40		
	7.40 - 11.10		
	11.10 - 14.80		
	14.80 - 18.50		
	18.50 - 22.20		
	22.20 - 25.90		
	25.90 - 29.60		
	29.60 - 33.30		
	33.30 - 37.00		
Maximum Density	36.31%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Kinematic Analysis	Flexural Toppling		
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	12	30	40.00%
Flexural Toppling (Set 3)	6	6	100.00%
Mean Set Planes			
Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	79	80	
2m	79	20	
3m	73	351	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

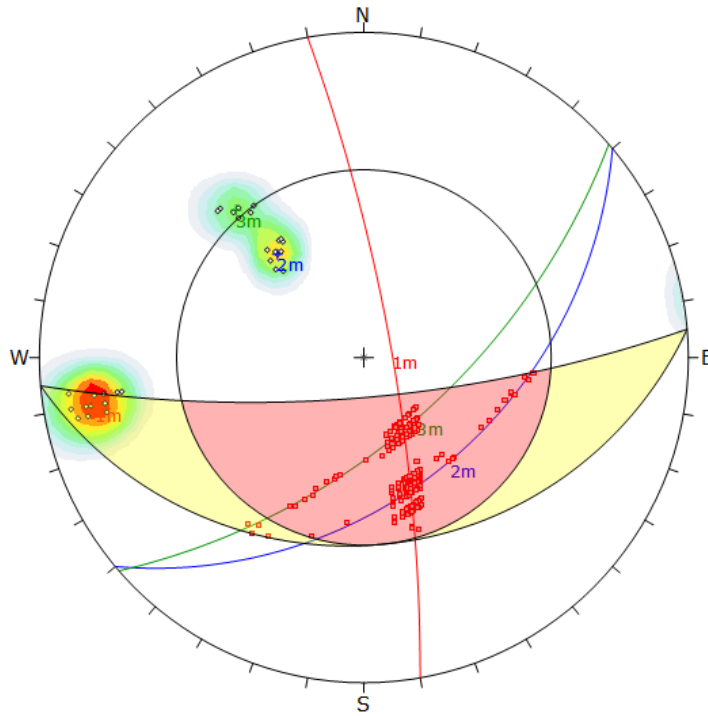
Estación Geomecánica 2

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 4.00		
	4.00 - 8.00		
	8.00 - 12.00		
	12.00 - 16.00		
	16.00 - 20.00		
	20.00 - 24.00		
	24.00 - 28.00		
	28.00 - 32.00		
	32.00 - 36.00		
	36.00 - 40.00		
Maximum Density	39.92%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Kinematic Analysis	Planar Sliding		
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	30	0.00%
Mean Set Planes			
Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	80	80	
2m	45	140	
3m	62	139	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Rotura en cuña: Las Familias 1-3 y las Familias 1-2 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors
•	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
Lightest	0.00 - 4.00
Light	4.00 - 8.00
Medium-Light	8.00 - 12.00
Medium	12.00 - 16.00
Medium-Dark	16.00 - 20.00
Dark	20.00 - 24.00
Very Dark	24.00 - 28.00
Black	28.00 - 32.00
Dark Red	32.00 - 36.00
Red	36.00 - 40.00

Maximum Density 39.92%

Contour Data Pole Vectors

Contour Distribution Fisher

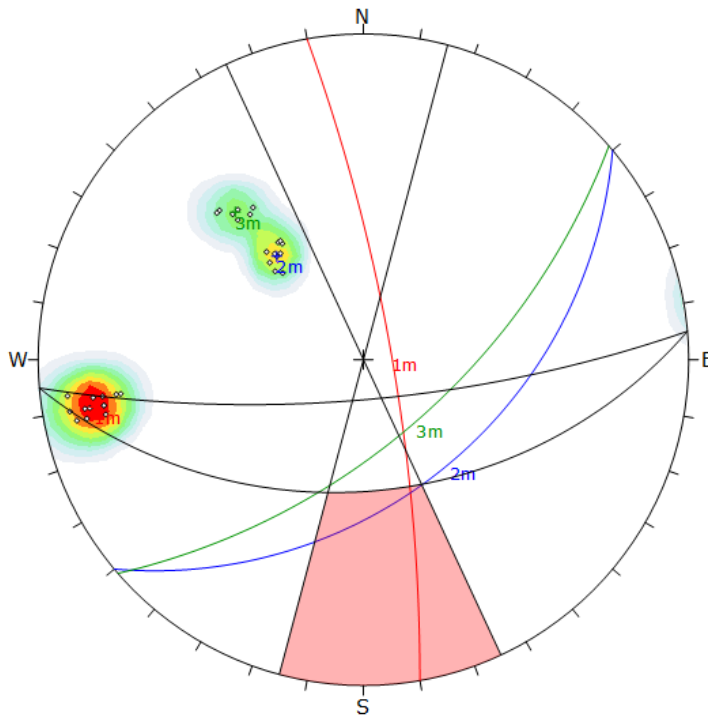
Counting Circle Size 1.0%

Kinematic Analysis		Wedge Sliding	
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
		Critical	Total
		272	434
			62.67%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	80	80	
2m	45	140	
3m	62	139	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	434
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
Lightest	0.00 - 4.00
Light	4.00 - 8.00
Medium-Light	8.00 - 12.00
Medium	12.00 - 16.00
Medium-Dark	16.00 - 20.00
Dark	20.00 - 24.00
Very Dark	24.00 - 28.00
Black	28.00 - 32.00
Dark Red	32.00 - 36.00
Red	36.00 - 40.00

Maximum Density 39.92%

Contour Data Pole Vectors

Contour Distribution Fisher

Counting Circle Size 1.0%

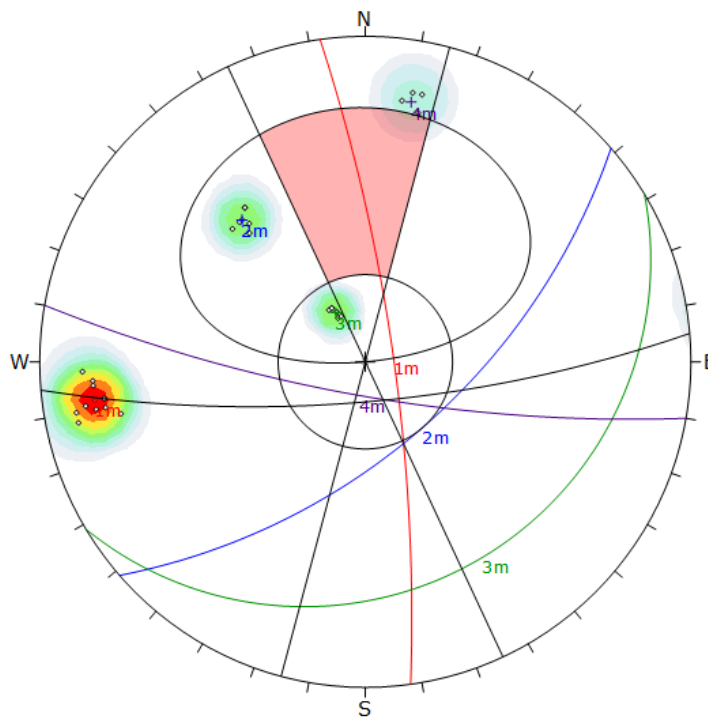
Kinematic Analysis		Flexural Toppling	
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
		Critical	Total
		0	30
			0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	80	80	
2m	45	140	
3m	62	139	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Estación Geomecánica 3

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.80
	3.80 - 7.60
	7.60 - 11.40
	11.40 - 15.20
	15.20 - 19.00
	19.00 - 22.80
	22.80 - 26.60
	26.60 - 30.40
	30.40 - 34.20
	34.20 - 38.00

Maximum Density	37.02%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

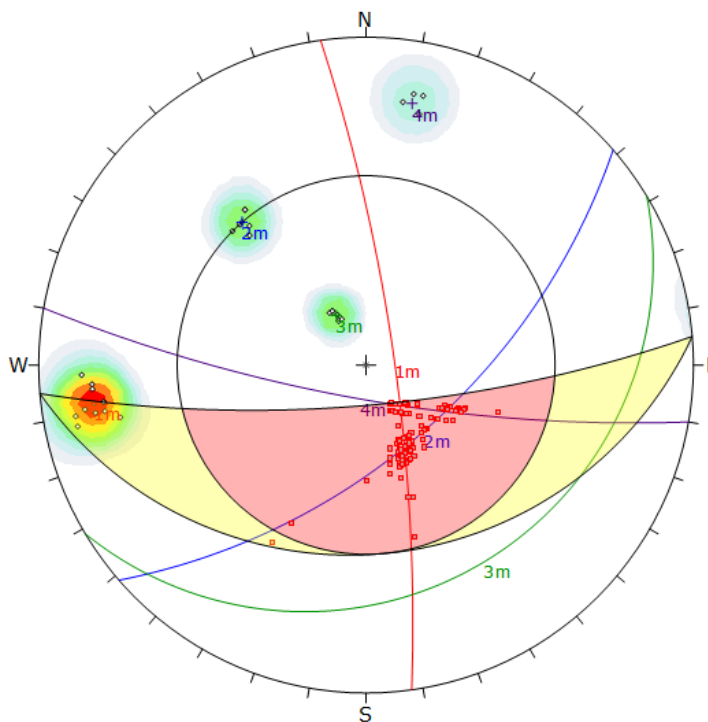
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	30	0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	80	82	
2m	60	139	
3m	20	149	
4m	78	190	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en cuña: Las Familias 1-2 y las Familias 2-4 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.80
	3.80 - 7.60
	7.60 - 11.40
	11.40 - 15.20
	15.20 - 19.00
	19.00 - 22.80
	22.80 - 26.60
	26.60 - 30.40
	30.40 - 34.20
	34.20 - 38.00

Maximum Density	37.02%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

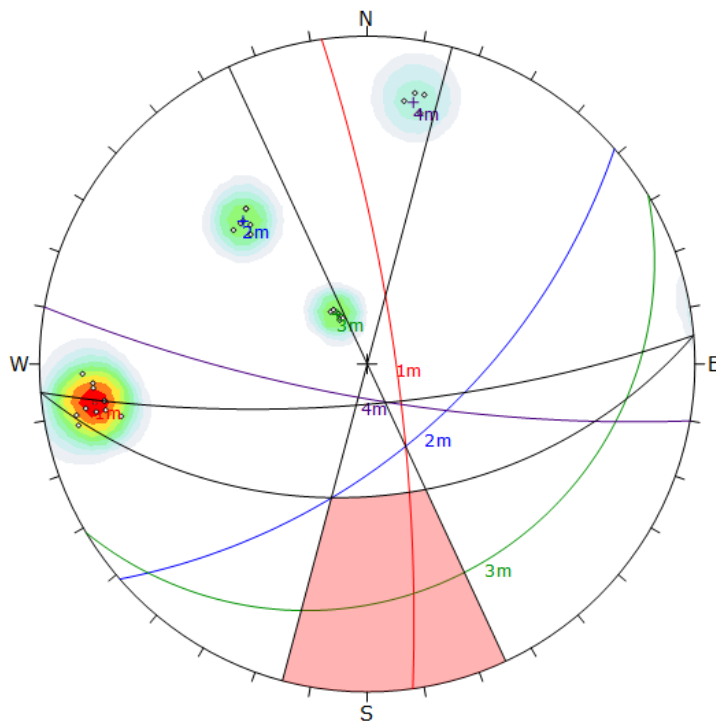
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	160	431	37.12%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	80	82	
2m	60	139	
3m	20	149	
4m	78	190	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	431
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

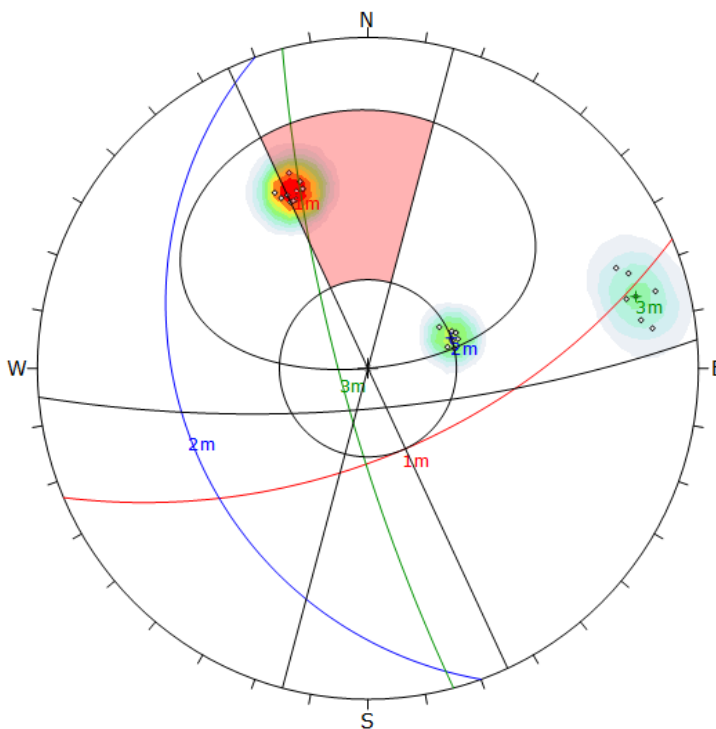
Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature		
○	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 3.80		
	3.80 - 7.60		
	7.60 - 11.40		
	11.40 - 15.20		
	15.20 - 19.00		
	19.00 - 22.80		
	22.80 - 26.60		
	26.60 - 30.40		
	30.40 - 34.20		
	34.20 - 38.00		
Maximum Density	37.02%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Kinematic Analysis	Flexural Toppling		
Slope Dip	75		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	30	0.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	80	82	
2m	60	139	
3m	20	149	
4m	78	190	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

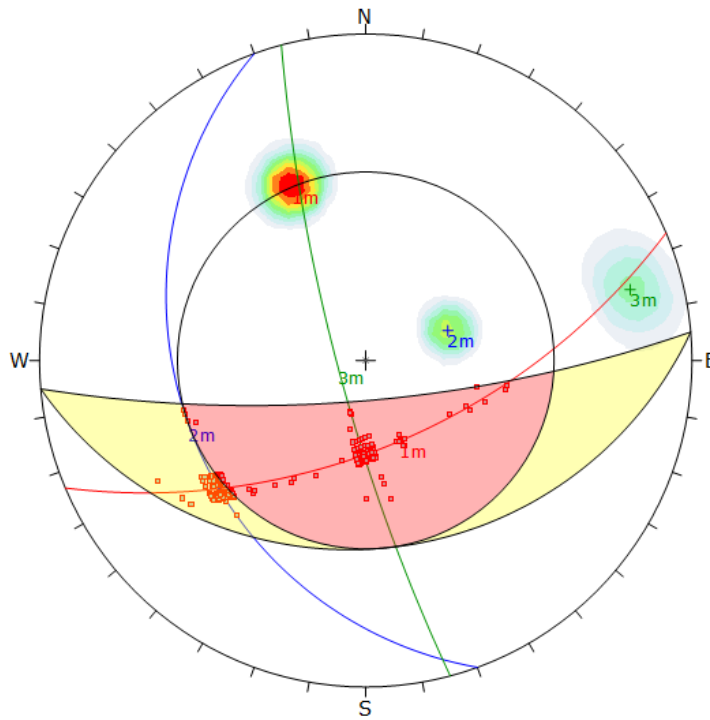
Estación Geomecánica 4

Rotura planar: La Familia 1 genera potencial rotura planar.



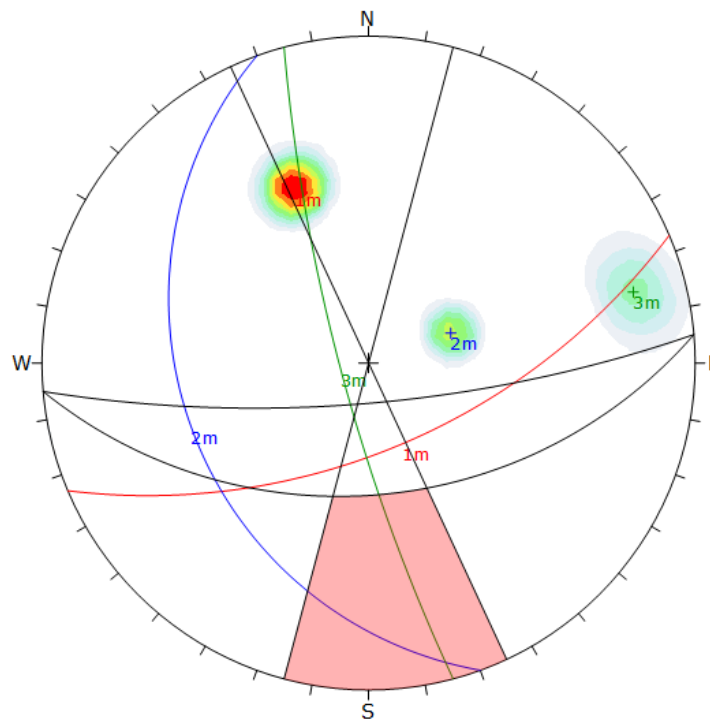
Symbol	Feature		
○	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 4.50		
	4.50 - 9.00		
	9.00 - 13.50		
	13.50 - 18.00		
	18.00 - 22.50		
	22.50 - 27.00		
	27.00 - 31.50		
	31.50 - 36.00		
	36.00 - 40.50		
	40.50 - 45.00		
Maximum Density	44.17%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Kinematic Analysis	Planar Sliding		
Slope Dip	75		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	12	30	40.00%
Planar Sliding (Set 1)	12	14	85.71%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	60	157	
2m	30	250	
3m	80	255	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Rotura en cuña: Las Familias 1-3 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature		
■	Critical Intersection		
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 4.50		
	4.50 - 9.00		
	9.00 - 13.50		
	13.50 - 18.00		
	18.00 - 22.50		
	22.50 - 27.00		
	27.00 - 31.50		
	31.50 - 36.00		
	36.00 - 40.50		
	40.50 - 45.00		
Maximum Density	44.17%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis	Wedge Sliding		
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
	Critical Total %		
Wedge Sliding	300	429	69.93%
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Intersection Mode	Grid Data Planes		
Intersections Count	429		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

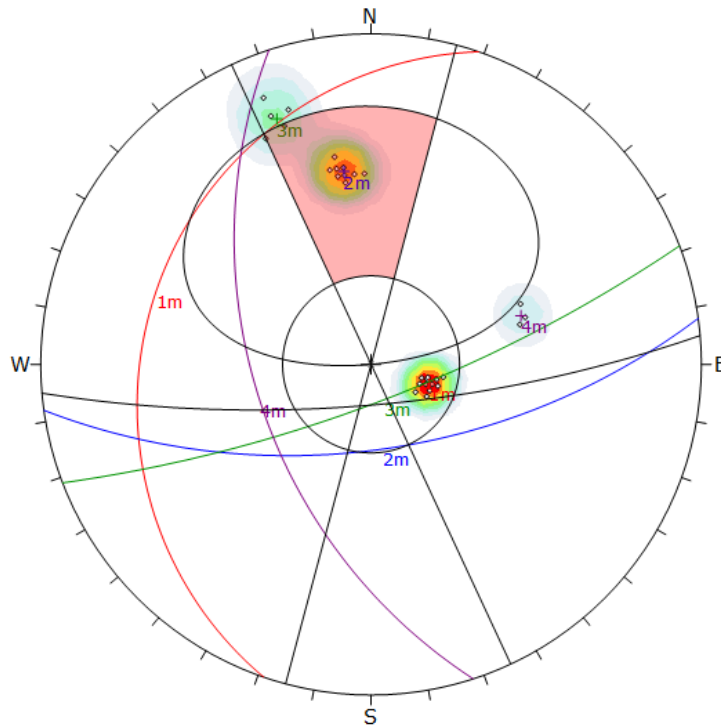
Rotura en vuelco: No se genera.



Color	Density Concentrations		
	0.00 - 4.50		
	4.50 - 9.00		
	9.00 - 13.50		
	13.50 - 18.00		
	18.00 - 22.50		
	22.50 - 27.00		
	27.00 - 31.50		
	31.50 - 36.00		
	36.00 - 40.50		
	40.50 - 45.00		
Maximum Density	44.17%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis	Flexural Toppling		
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical Total %		
Flexural Toppling (All)	0	30	0.00%
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

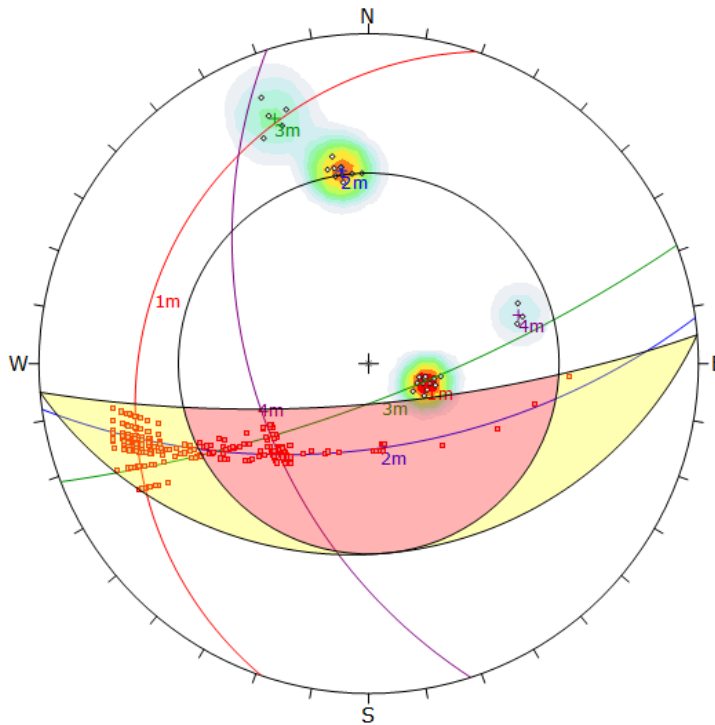
Estación Geomecánica 5

Rotura planar: La Familia 2 y Familia 3 generan potenciales roturas planares.



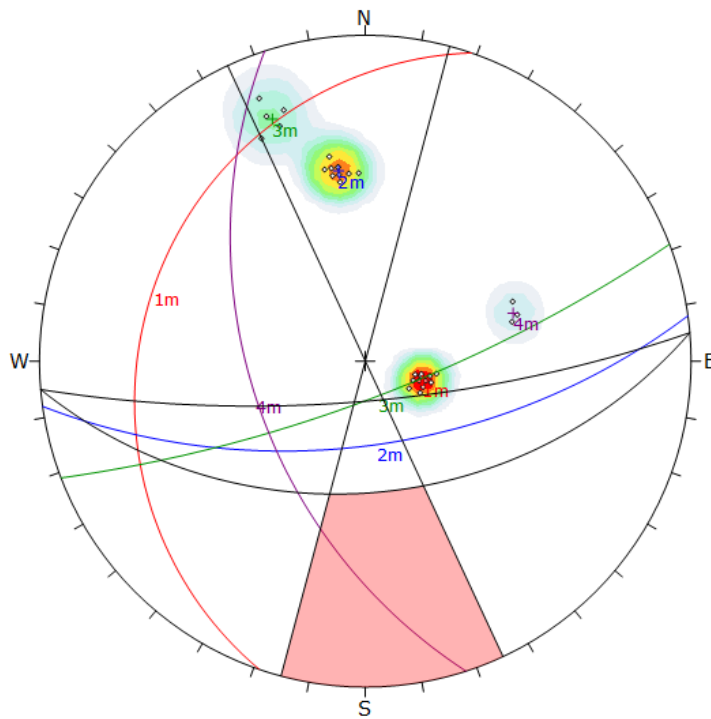
Symbol	Feature																								
○	Pole Vectors																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color</th> <th>Density Concentrations</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>0.00 - 3.70</td></tr> <tr><td></td><td>3.70 - 7.40</td></tr> <tr><td></td><td>7.40 - 11.10</td></tr> <tr><td></td><td>11.10 - 14.80</td></tr> <tr><td></td><td>14.80 - 18.50</td></tr> <tr><td></td><td>18.50 - 22.20</td></tr> <tr><td></td><td>22.20 - 25.90</td></tr> <tr><td></td><td>25.90 - 29.60</td></tr> <tr><td></td><td>29.60 - 33.30</td></tr> <tr><td></td><td>33.30 - 37.00</td></tr> </tbody> </table>		Color	Density Concentrations		0.00 - 3.70		3.70 - 7.40		7.40 - 11.10		11.10 - 14.80		14.80 - 18.50		18.50 - 22.20		22.20 - 25.90		25.90 - 29.60		29.60 - 33.30		33.30 - 37.00		
Color	Density Concentrations																								
	0.00 - 3.70																								
	3.70 - 7.40																								
	7.40 - 11.10																								
	11.10 - 14.80																								
	14.80 - 18.50																								
	18.50 - 22.20																								
	22.20 - 25.90																								
	25.90 - 29.60																								
	29.60 - 33.30																								
	33.30 - 37.00																								
Maximum Density	36.44%																								
Contour Data	Pole Vectors																								
Contour Distribution	Fisher																								
Counting Circle Size	1.0%																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Kinematic Analysis</th> <th>Critical</th> <th>Total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Planar Sliding (All)</td> <td>12</td> <td>30</td> <td>40.00%</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Planar Sliding (Set 2)</td> <td>10</td> <td>10</td> <td>100.00%</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Planar Sliding (Set 3)</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>40.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Kinematic Analysis		Critical	Total	%	Planar Sliding (All)		12	30	40.00%	Planar Sliding (Set 2)		10	10	100.00%	Planar Sliding (Set 3)		2	5	40.00%				
Kinematic Analysis		Critical	Total	%																					
Planar Sliding (All)		12	30	40.00%																					
Planar Sliding (Set 2)		10	10	100.00%																					
Planar Sliding (Set 3)		2	5	40.00%																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color</th> <th>Dip</th> <th>Dip Direction</th> <th>Label</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4">Mean Set Planes</td> </tr> <tr> <td>1m</td> <td>21</td> <td>289</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2m</td> <td>61</td> <td>172</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3m</td> <td>77</td> <td>159</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4m</td> <td>51</td> <td>252</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Color	Dip	Dip Direction	Label	Mean Set Planes				1m	21	289		2m	61	172		3m	77	159		4m	51	252	
Color	Dip	Dip Direction	Label																						
Mean Set Planes																									
1m	21	289																							
2m	61	172																							
3m	77	159																							
4m	51	252																							
Plot Mode	Pole Vectors																								
Vector Count	30 (30 Entries)																								
Hemisphere	Lower																								
Projection	Equal Angle																								

Rotura en cuña: Las Familias 3-4 y las Familias 2-4 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature																								
○	Pole Vectors																								
●	Critical Intersection																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color</th> <th>Density Concentrations</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>0.00 - 3.70</td></tr> <tr><td></td><td>3.70 - 7.40</td></tr> <tr><td></td><td>7.40 - 11.10</td></tr> <tr><td></td><td>11.10 - 14.80</td></tr> <tr><td></td><td>14.80 - 18.50</td></tr> <tr><td></td><td>18.50 - 22.20</td></tr> <tr><td></td><td>22.20 - 25.90</td></tr> <tr><td></td><td>25.90 - 29.60</td></tr> <tr><td></td><td>29.60 - 33.30</td></tr> <tr><td></td><td>33.30 - 37.00</td></tr> </tbody> </table>		Color	Density Concentrations		0.00 - 3.70		3.70 - 7.40		7.40 - 11.10		11.10 - 14.80		14.80 - 18.50		18.50 - 22.20		22.20 - 25.90		25.90 - 29.60		29.60 - 33.30		33.30 - 37.00		
Color	Density Concentrations																								
	0.00 - 3.70																								
	3.70 - 7.40																								
	7.40 - 11.10																								
	11.10 - 14.80																								
	14.80 - 18.50																								
	18.50 - 22.20																								
	22.20 - 25.90																								
	25.90 - 29.60																								
	29.60 - 33.30																								
	33.30 - 37.00																								
Maximum Density	36.44%																								
Contour Data	Pole Vectors																								
Contour Distribution	Fisher																								
Counting Circle Size	1.0%																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Kinematic Analysis</th> <th>Critical</th> <th>Total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">Wedge Sliding</td> <td>275</td> <td>434</td> <td>63.36%</td> </tr> </tbody> </table>		Kinematic Analysis		Critical	Total	%	Wedge Sliding		275	434	63.36%														
Kinematic Analysis		Critical	Total	%																					
Wedge Sliding		275	434	63.36%																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Color</th> <th>Dip</th> <th>Dip Direction</th> <th>Label</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4">Mean Set Planes</td> </tr> <tr> <td>1m</td> <td>21</td> <td>289</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2m</td> <td>61</td> <td>172</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3m</td> <td>77</td> <td>159</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4m</td> <td>51</td> <td>252</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Color	Dip	Dip Direction	Label	Mean Set Planes				1m	21	289		2m	61	172		3m	77	159		4m	51	252	
Color	Dip	Dip Direction	Label																						
Mean Set Planes																									
1m	21	289																							
2m	61	172																							
3m	77	159																							
4m	51	252																							
Plot Mode	Pole Vectors																								
Vector Count	30 (30 Entries)																								
Intersection Mode	Grid Data Planes																								
Intersections Count	434																								
Hemisphere	Lower																								
Projection	Equal Angle																								

Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature
o	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.70
	3.70 - 7.40
	7.40 - 11.10
	11.10 - 14.80
	14.80 - 18.50
	18.50 - 22.20
	22.20 - 25.90
	25.90 - 29.60
	29.60 - 33.30
	33.30 - 37.00

Maximum Density	36.44%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	
	Flexural Toppling
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

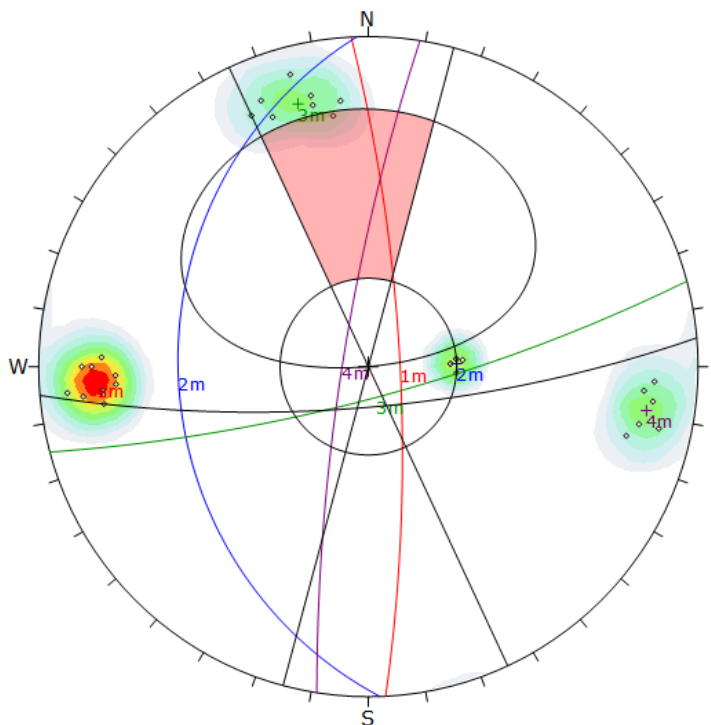
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	30	0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	21	289	
2m	61	172	
3m	77	159	
4m	51	252	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Estación Geomecánica 6

Rotura planar: La Familia 3 genera potencial rotura planar.



Symbol	Feature
o	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.10
	3.10 - 6.20
	6.20 - 9.30
	9.30 - 12.40
	12.40 - 15.50
	15.50 - 18.60
	18.60 - 21.70
	21.70 - 24.80
	24.80 - 27.90
	27.90 - 31.00

Maximum Density	30.37%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

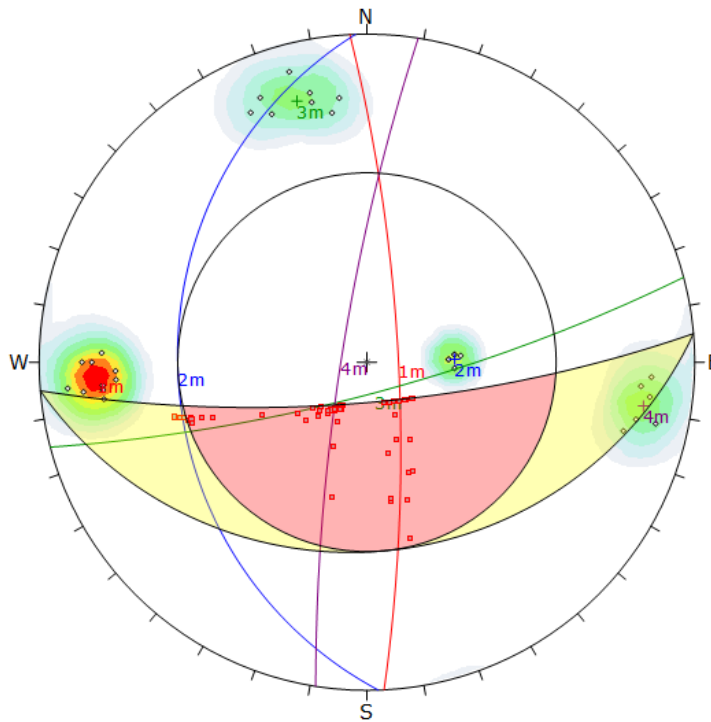
Kinematic Analysis	
	Planar Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	1	30	3.33%
Planar Sliding (Set 3)	1	8	12.50%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	79	87	
2m	30	268	
3m	79	165	
4m	81	279	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en cuña: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.10
	3.10 - 6.20
	6.20 - 9.30
	9.30 - 12.40
	12.40 - 15.50
	15.50 - 18.60
	18.60 - 21.70
	21.70 - 24.80
	24.80 - 27.90
	27.90 - 31.00

Maximum Density	30.37%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

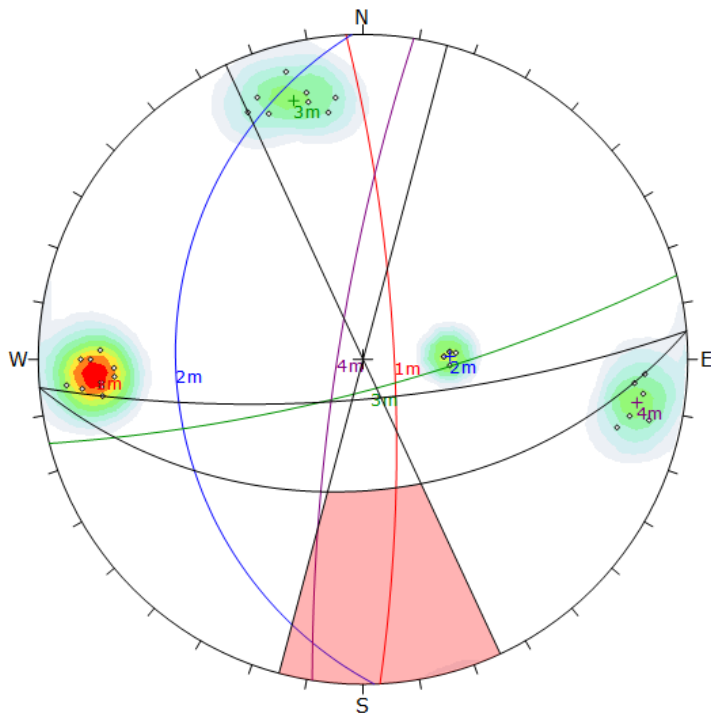
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	61	433	14.09%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	79		87
2m	30		268
3m	79		165
4m	81		279

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	433
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.10
	3.10 - 6.20
	6.20 - 9.30
	9.30 - 12.40
	12.40 - 15.50
	15.50 - 18.60
	18.60 - 21.70
	21.70 - 24.80
	24.80 - 27.90
	27.90 - 31.00

Maximum Density	30.37%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Topping
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

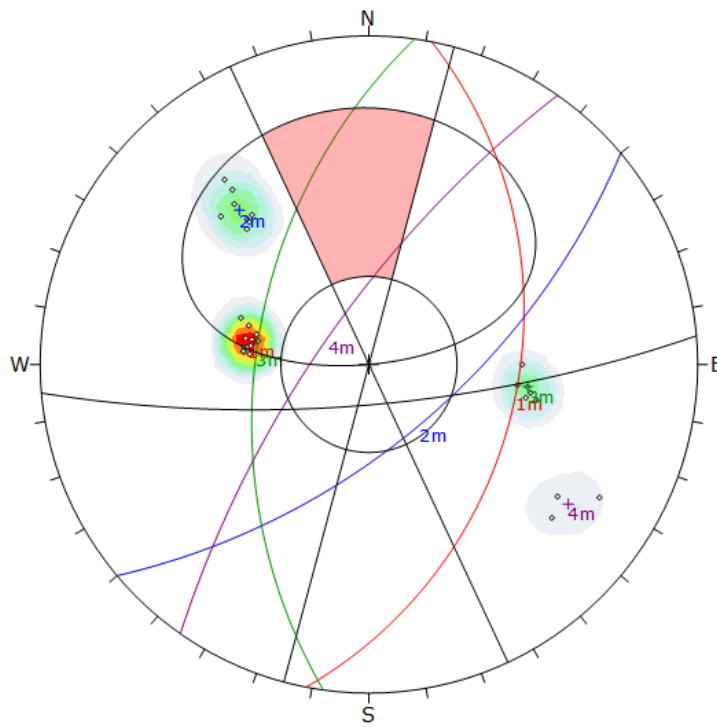
	Critical	Total	%
Flexural Topping (All)	0	30	0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	79		87
2m	30		268
3m	79		165
4m	81		279

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Estación Geomecánica 7

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 4.10
	4.10 - 8.20
	8.20 - 12.30
	12.30 - 16.40
	16.40 - 20.50
	20.50 - 24.60
	24.60 - 28.70
	28.70 - 32.80
	32.80 - 36.90
	36.90 - 41.00

Maximum Density	40.70%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

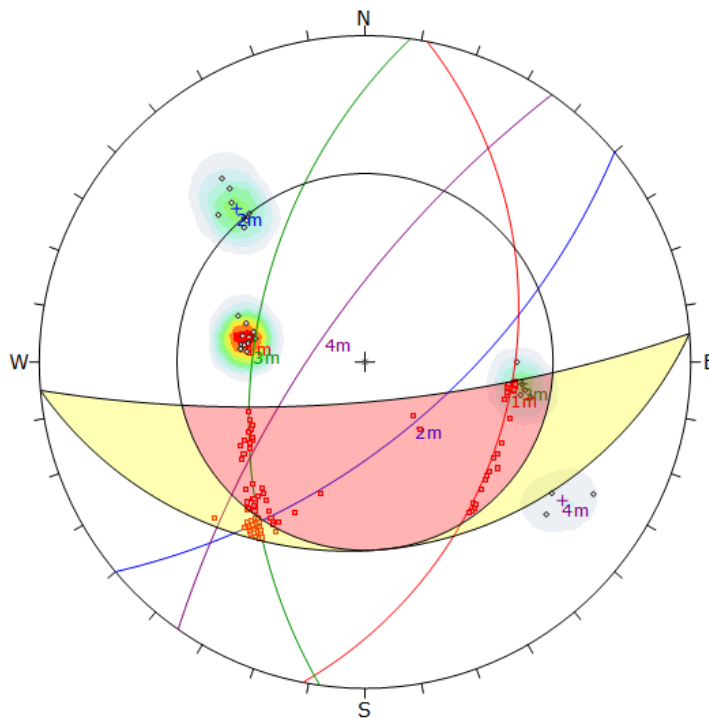
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	30	0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	41	101	
2m	63	140	
3m	52	278	
4m	73	305	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en cuña: Las Familias 3-4 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 4.10
	4.10 - 8.20
	8.20 - 12.30
	12.30 - 16.40
	16.40 - 20.50
	20.50 - 24.60
	24.60 - 28.70
	28.70 - 32.80
	32.80 - 36.90
	36.90 - 41.00

Maximum Density	40.70%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

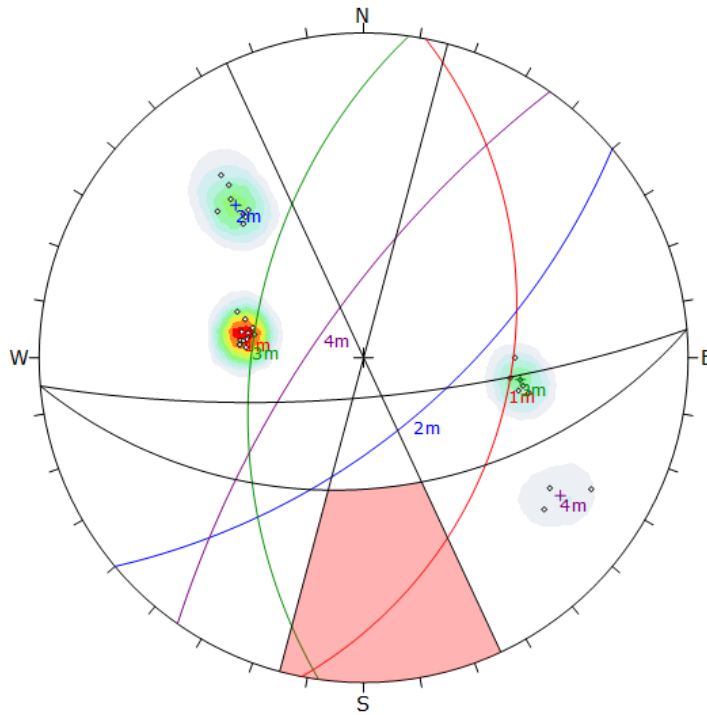
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	107	434	24.65%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	41	101	
2m	63	140	
3m	52	278	
4m	73	305	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	434
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

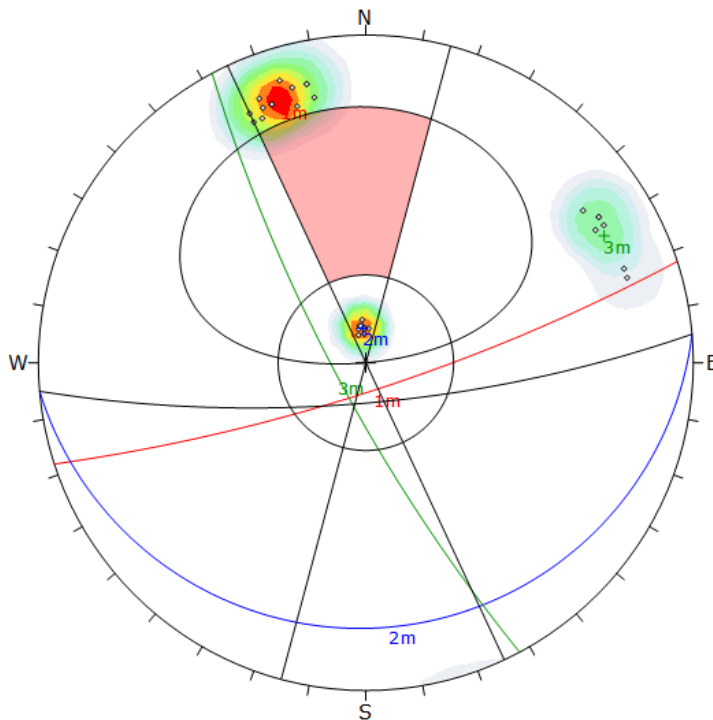
Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature		
◊	Pole Vectors		
Density Concentrations			
	0.00 - 4.10		
	4.10 - 8.20		
	8.20 - 12.30		
	12.30 - 16.40		
	16.40 - 20.50		
	20.50 - 24.60		
	24.60 - 28.70		
	28.70 - 32.80		
	32.80 - 36.90		
	36.90 - 41.00		
Maximum Density	40.70%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Flexural Topping			
Slope Dip	75		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical Total %		
Flexural Topping (All)	0 30 0.00%		
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	41	101	
2m	63	140	
3m	52	278	
4m	73	305	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

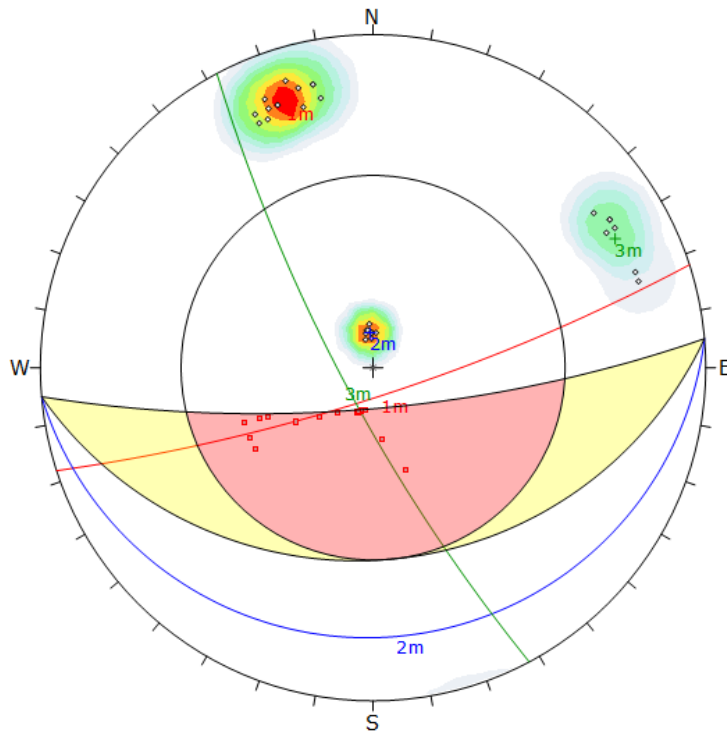
Estación Geomecánica 8

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature		
◊	Pole Vectors		
Density Concentrations			
	0.00 - 3.70		
	3.70 - 7.40		
	7.40 - 11.10		
	11.10 - 14.80		
	14.80 - 18.50		
	18.50 - 22.20		
	22.20 - 25.90		
	25.90 - 29.60		
	29.60 - 33.30		
	33.30 - 37.00		
Maximum Density	36.25%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Planar Sliding			
Slope Dip	75		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical Total %		
Planar Sliding (All)	0 30 0.00%		
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	80	162	
2m	12	175	
3m	79	242	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Rotura en cuña: No se genera.



Symbol	Feature
o	Pole Vectors
•	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.70
	3.70 - 7.40
	7.40 - 11.10
	11.10 - 14.80
	14.80 - 18.50
	18.50 - 22.20
	22.20 - 25.90
	25.90 - 29.60
	29.60 - 33.30
	33.30 - 37.00

Maximum Density	36.25%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

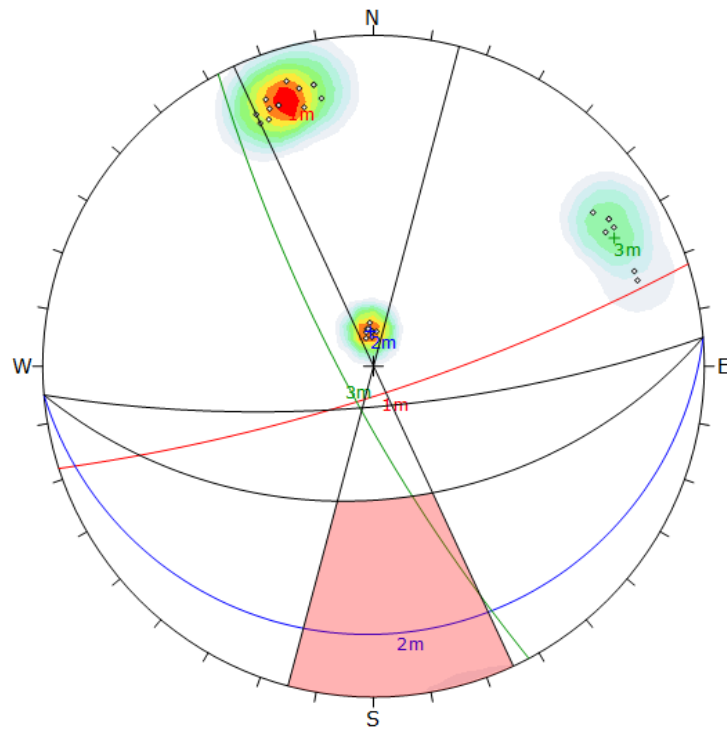
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	25	429	5.83%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	80	162	
2m	12	175	
3m	79	242	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	429
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature
o	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.70
	3.70 - 7.40
	7.40 - 11.10
	11.10 - 14.80
	14.80 - 18.50
	18.50 - 22.20
	22.20 - 25.90
	25.90 - 29.60
	29.60 - 33.30
	33.30 - 37.00

Maximum Density	36.25%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

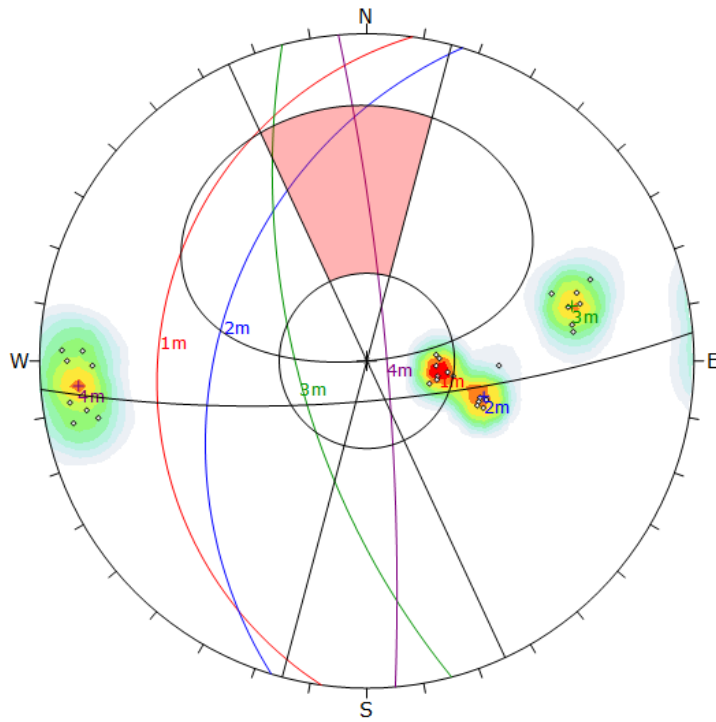
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	30	0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	80	162	
2m	12	175	
3m	79	242	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Estación Geomecánica 9

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
0.00 - 2.40	
2.40 - 4.80	
4.80 - 7.20	
7.20 - 9.60	
9.60 - 12.00	
12.00 - 14.40	
14.40 - 16.80	
16.80 - 19.20	
19.20 - 21.60	
21.60 - 24.00	

Maximum Density	23.90%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

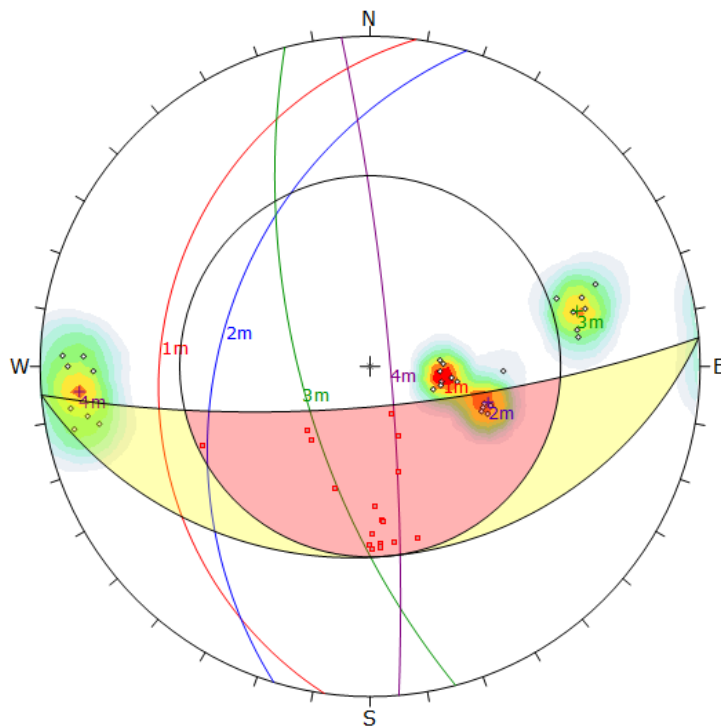
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	75
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	30	0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	25	278	
2m	41	287	
3m	66	255	
4m	83	85	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en cuña: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
0.00 - 2.40	
2.40 - 4.80	
4.80 - 7.20	
7.20 - 9.60	
9.60 - 12.00	
12.00 - 14.40	
14.40 - 16.80	
16.80 - 19.20	
19.20 - 21.60	
21.60 - 24.00	

Maximum Density	23.90%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

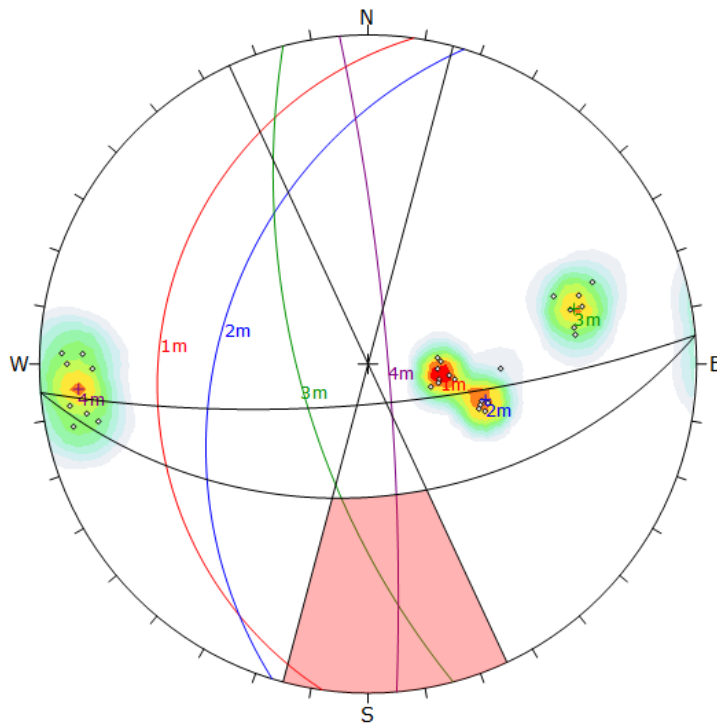
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	75
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	19	434	4.38%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	25	278	
2m	41	287	
3m	66	255	
4m	83	85	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	434
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

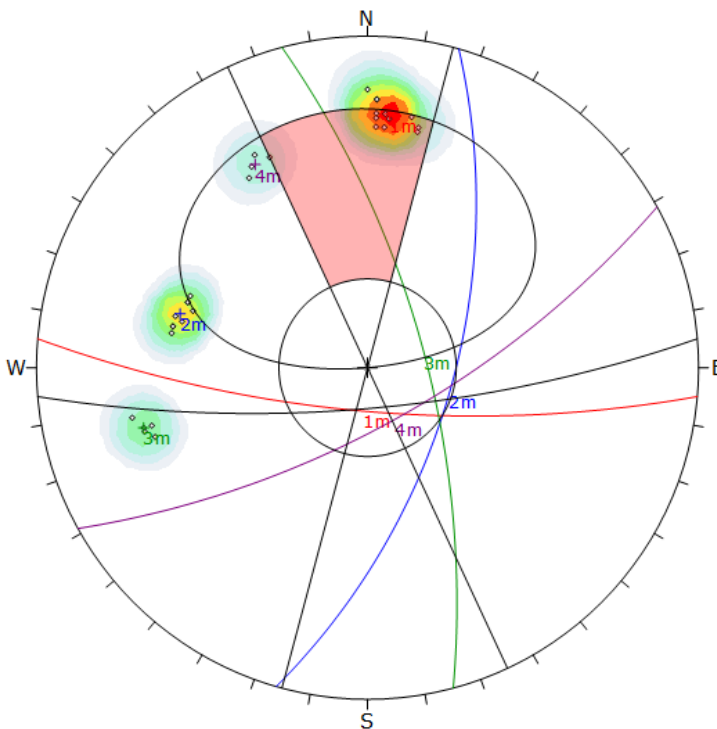
Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 2.40		
	2.40 - 4.80		
	4.80 - 7.20		
	7.20 - 9.60		
	9.60 - 12.00		
	12.00 - 14.40		
	14.40 - 16.80		
	16.80 - 19.20		
	19.20 - 21.60		
	21.60 - 24.00		
Maximum Density	23.90%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Kinematic Analysis	Flexural Toppling		
Slope Dip	75		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	30	0.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	25	278	
2m	41	287	
3m	66	255	
4m	83	85	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

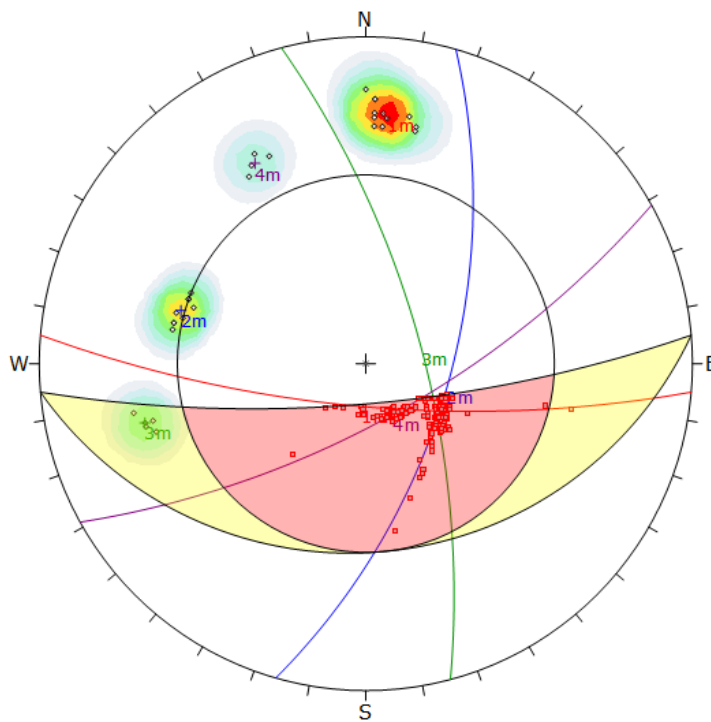
Estación Geomecánica 10

Rotura planar: Las Familias 1 y 4 generan potenciales roturas planares.



Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 3.60		
	3.60 - 7.20		
	7.20 - 10.80		
	10.80 - 14.40		
	14.40 - 18.00		
	18.00 - 21.60		
	21.60 - 25.20		
	25.20 - 28.80		
	28.80 - 32.40		
	32.40 - 36.00		
Maximum Density	35.09%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Kinematic Analysis	Planar Sliding		
Slope Dip	75		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	10	30	33.33%
Planar Sliding (Set 1)	9	12	75.00%
Planar Sliding (Set 4)	1	4	25.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	75	185	
2m	61	106	
3m	70	75	
4m	70	151	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Rotura en cuña: Las Familias 1-2 y las Familias 1-4 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.60
	3.60 - 7.20
	7.20 - 10.80
	10.80 - 14.40
	14.40 - 18.00
	18.00 - 21.60
	21.60 - 25.20
	25.20 - 28.80
	28.80 - 32.40
	32.40 - 36.00

Maximum Density	35.09%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

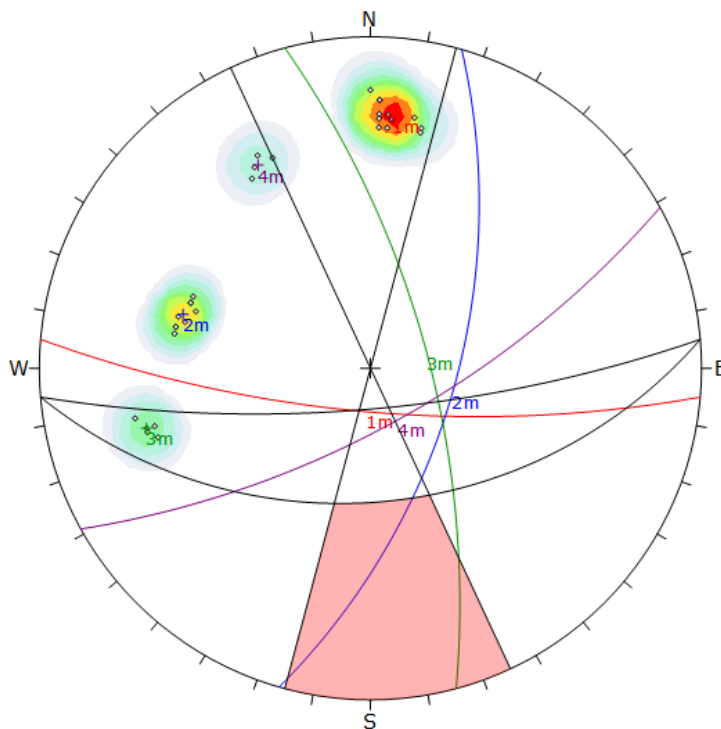
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	286	432	66.20%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	75	185	
2m	61	106	
3m	70	75	
4m	70	151	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	432
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.60
	3.60 - 7.20
	7.20 - 10.80
	10.80 - 14.40
	14.40 - 18.00
	18.00 - 21.60
	21.60 - 25.20
	25.20 - 28.80
	28.80 - 32.40
	32.40 - 36.00

Maximum Density	35.09%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

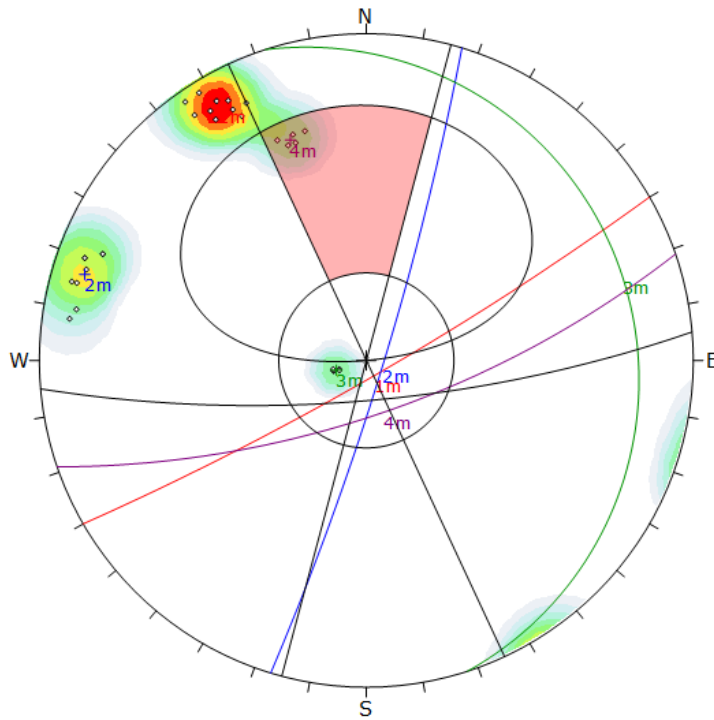
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	30	0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	75	185	
2m	61	106	
3m	70	75	
4m	70	151	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Estación Geomecánica 11

Rotura planar: La Familia 4 genera potencial rotura planar.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.40
	3.40 - 6.80
	6.80 - 10.20
	10.20 - 13.60
	13.60 - 17.00
	17.00 - 20.40
	20.40 - 23.80
	23.80 - 27.20
	27.20 - 30.60
	30.60 - 34.00

Maximum Density	33.46%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

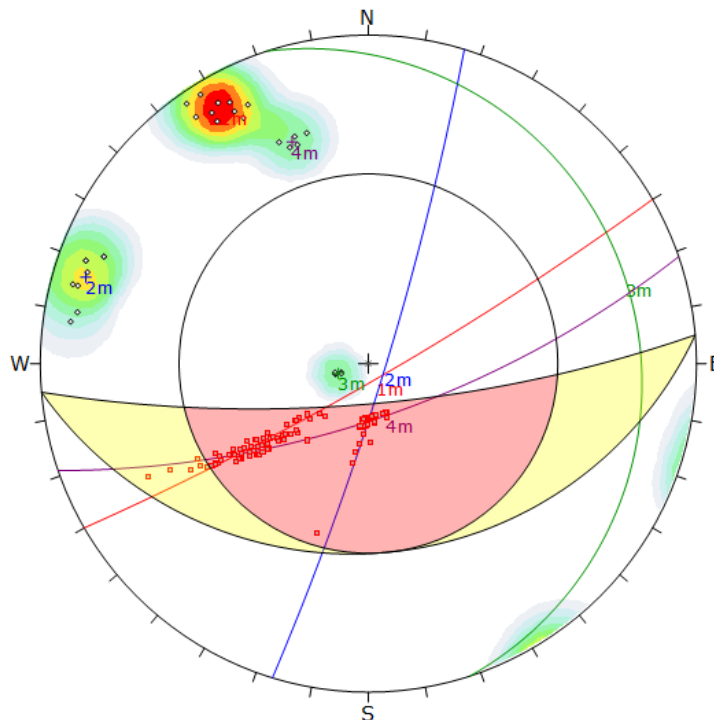
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	5	30	16.67%
Planar Sliding (Set 4)	5	5	100.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	84	150	
2m	84	107	
3m	11	72	
4m	71	161	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en cuña: Las Familias 1-4 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.40
	3.40 - 6.80
	6.80 - 10.20
	10.20 - 13.60
	13.60 - 17.00
	17.00 - 20.40
	20.40 - 23.80
	23.80 - 27.20
	27.20 - 30.60
	30.60 - 34.00

Maximum Density	33.46%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

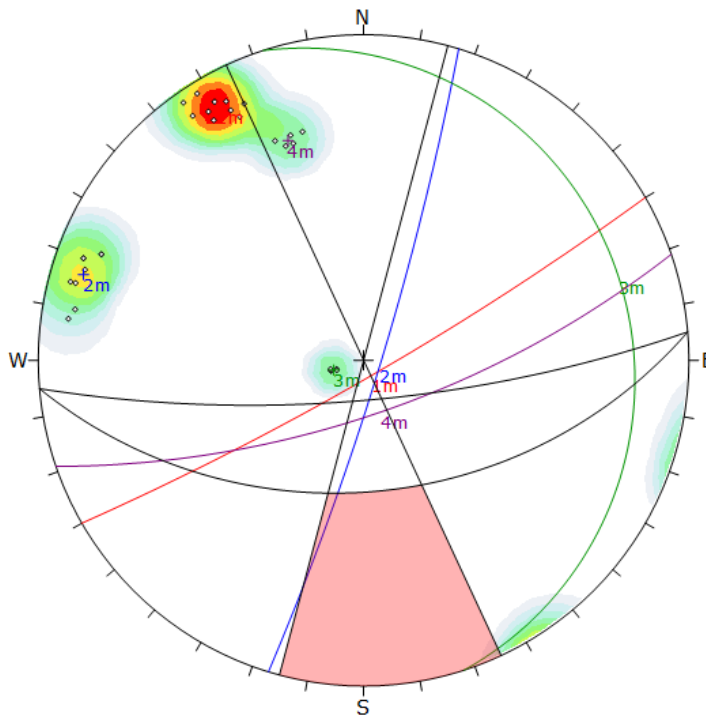
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	147	432	34.03%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	84	150	
2m	84	107	
3m	11	72	
4m	71	161	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	432
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

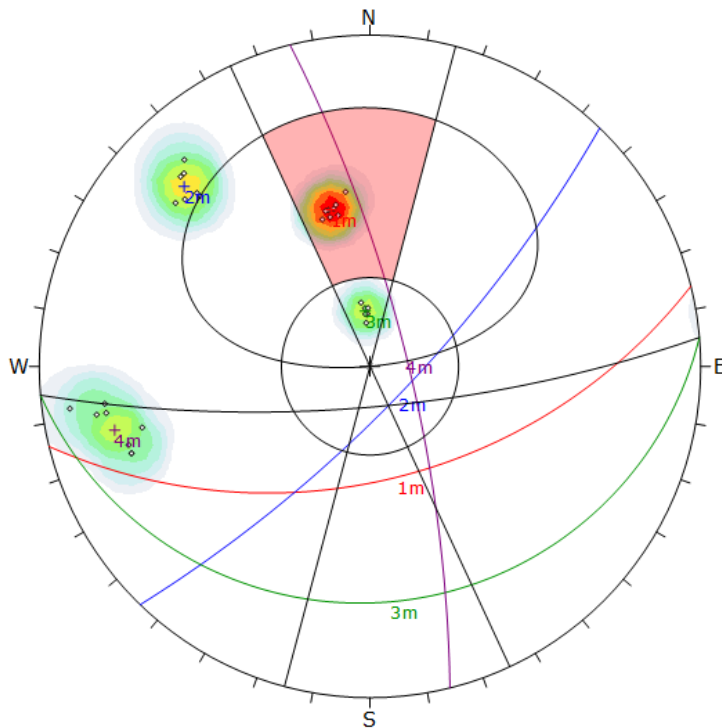
Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 3.40		
	3.40 - 6.80		
	6.80 - 10.20		
	10.20 - 13.60		
	13.60 - 17.00		
	17.00 - 20.40		
	20.40 - 23.80		
	23.80 - 27.20		
	27.20 - 30.60		
	30.60 - 34.00		
Maximum Density	33.46%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Kinematic Analysis	Flexural Toppling		
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	30	0.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	84	150	
2m	84	107	
3m	11	72	
4m	71	161	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

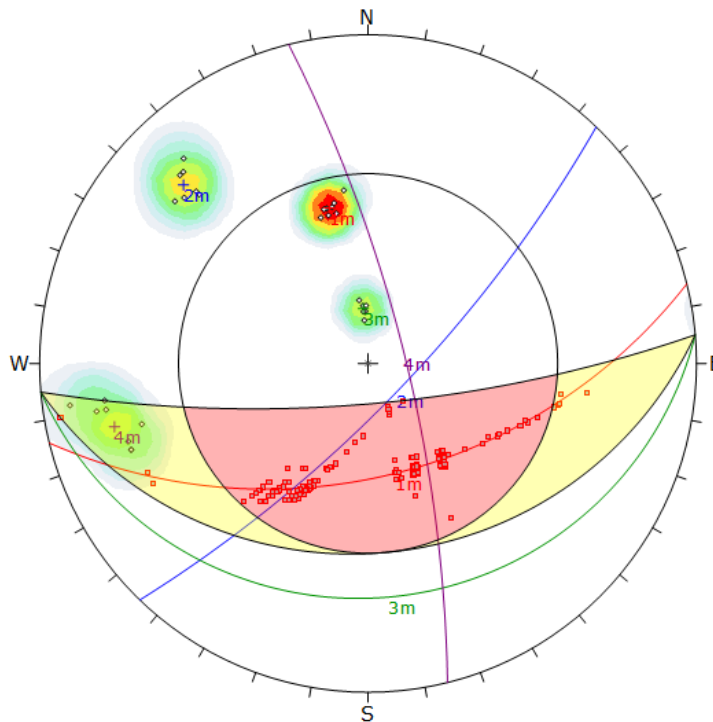
Estación Geomecánica 12

Rotura planar: La Familia 1 genera potencial rotura planar.



Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 2.90		
	2.90 - 5.80		
	5.80 - 8.70		
	8.70 - 11.60		
	11.60 - 14.50		
	14.50 - 17.40		
	17.40 - 20.30		
	20.30 - 23.20		
	23.20 - 26.10		
	26.10 - 29.00		
Maximum Density	28.81%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Kinematic Analysis	Planar Sliding		
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	9	30	30.00%
Planar Sliding (Set 1)	9	9	100.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	52	166	
2m	76	134	
3m	19	175	
4m	77	76	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Rotura en cuña: Las Familias 1-2 y las Familias 1-4 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.90
	2.90 - 5.80
	5.80 - 8.70
	8.70 - 11.60
	11.60 - 14.50
	14.50 - 17.40
	17.40 - 20.30
	20.30 - 23.20
	23.20 - 26.10
	26.10 - 29.00

Maximum Density 28.81%

Contour Data Pole Vectors

Contour Distribution Fisher

Counting Circle Size 1.0%

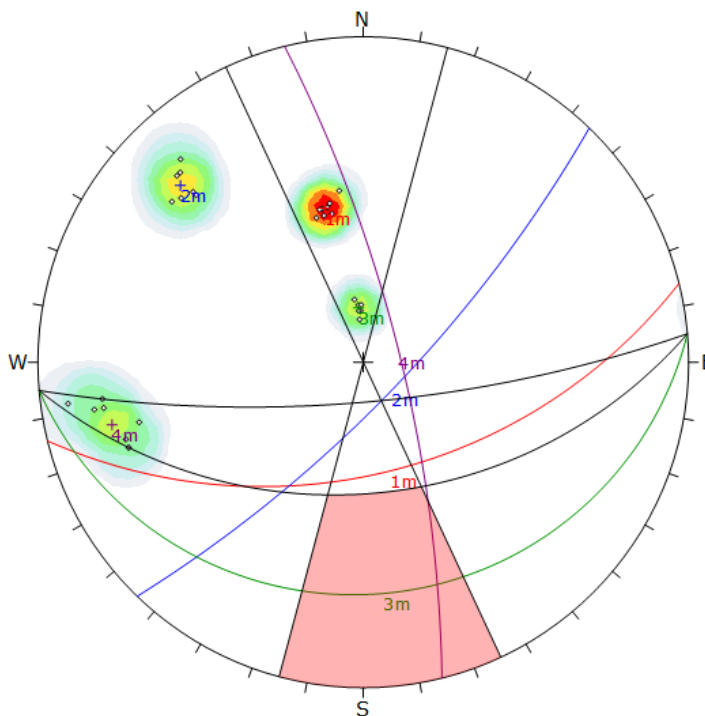
Kinematic Analysis	
Wedge Sliding	
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	182	433	42.03%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	52	166	
2m	76	134	
3m	19	175	
4m	77	76	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	433
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.90
	2.90 - 5.80
	5.80 - 8.70
	8.70 - 11.60
	11.60 - 14.50
	14.50 - 17.40
	17.40 - 20.30
	20.30 - 23.20
	23.20 - 26.10
	26.10 - 29.00

Maximum Density 28.81%

Contour Data Pole Vectors

Contour Distribution Fisher

Counting Circle Size 1.0%

Kinematic Analysis	
Flexural Toppling	
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

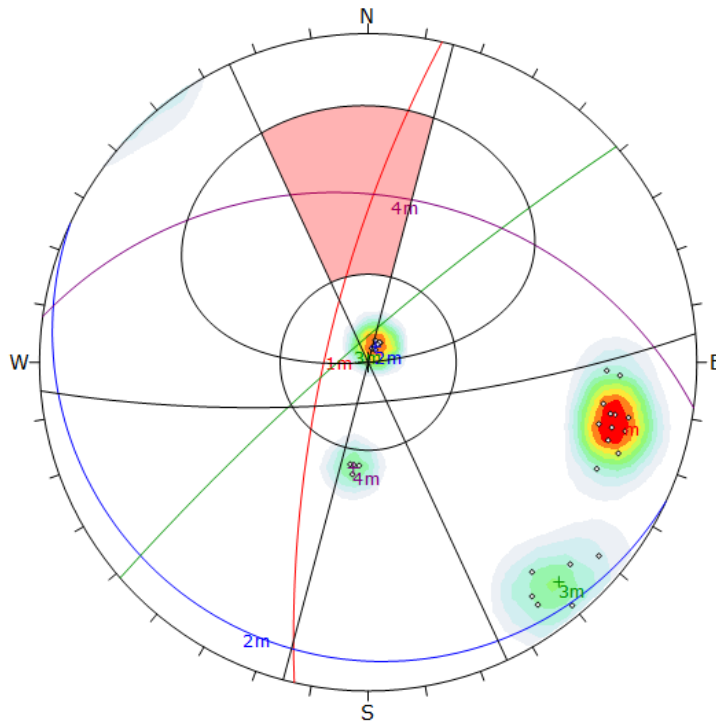
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	30	0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	52	166	
2m	76	134	
3m	19	175	
4m	77	76	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Estación Geomecánica 13

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.90
	2.90 - 5.80
	5.80 - 8.70
	8.70 - 11.60
	11.60 - 14.50
	14.50 - 17.40
	17.40 - 20.30
	20.30 - 23.20
	23.20 - 26.10
	26.10 - 29.00

Maximum Density	28.62%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

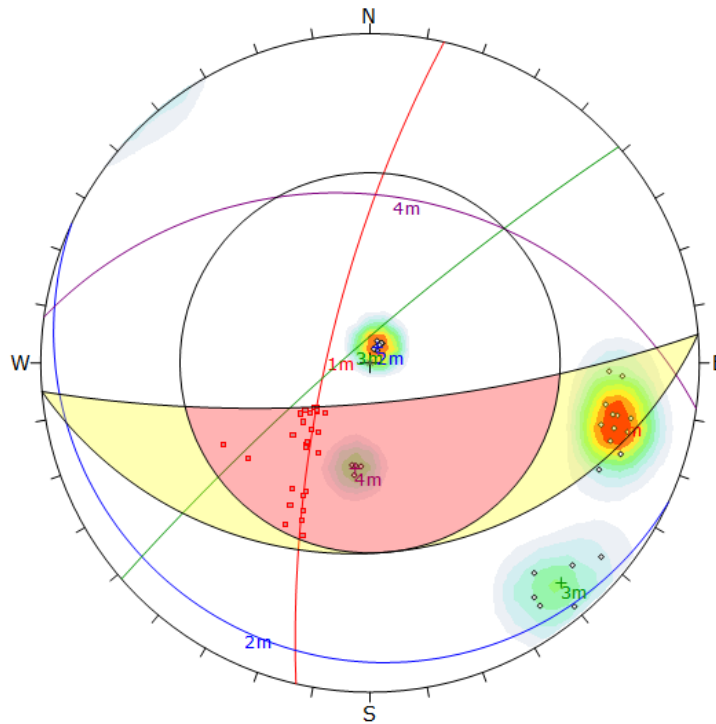
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	75
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	30	0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	75		283
2m	6		205
3m	83		319
4m	36		8

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en cuña: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.90
	2.90 - 5.80
	5.80 - 8.70
	8.70 - 11.60
	11.60 - 14.50
	14.50 - 17.40
	17.40 - 20.30
	20.30 - 23.20
	23.20 - 26.10
	26.10 - 29.00

Maximum Density	28.62%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

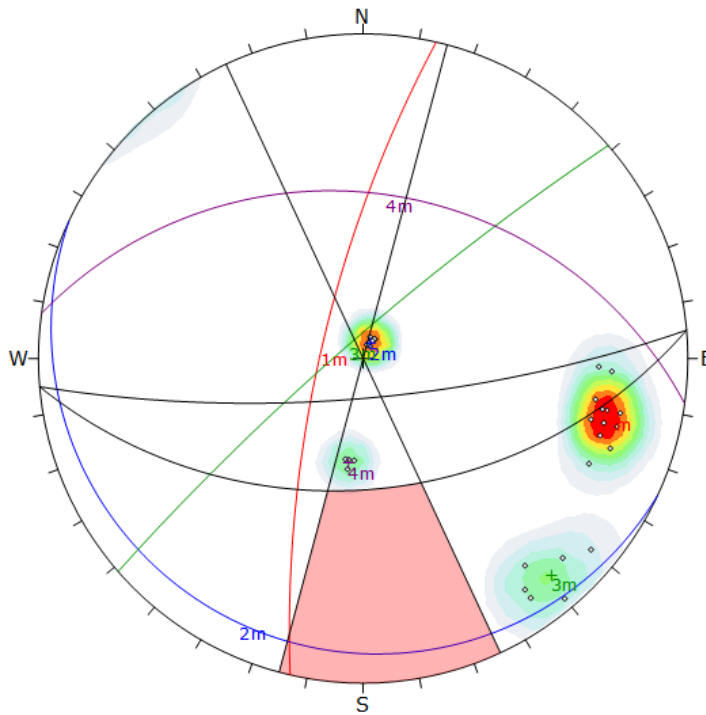
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	75
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	30	435	6.90%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	75		283
2m	6		205
3m	83		319
4m	36		8

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	435
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

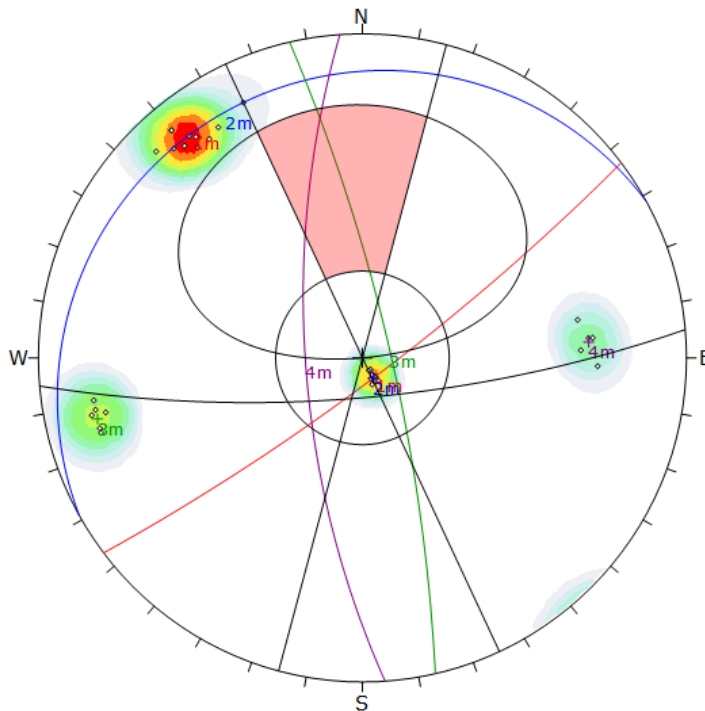
Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 2.90		
	2.90 - 5.80		
	5.80 - 8.70		
	8.70 - 11.60		
	11.60 - 14.50		
	14.50 - 17.40		
	17.40 - 20.30		
	20.30 - 23.20		
	23.20 - 26.10		
	26.10 - 29.00		
Maximum Density 28.62%			
Contour Data Pole Vectors			
Contour Distribution Fisher			
Counting Circle Size 1.0%			
Kinematic Analysis Flexural Toppling			
Slope Dip 76			
Slope Dip Direction 175			
Friction Angle 30°			
Lateral Limits 20°			
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)			
	0	30	0.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	75	283	
2m	6	205	
3m	83	319	
4m	36	8	
Plot Mode Pole Vectors			
Vector Count 30 (30 Entries)			
Hemisphere Lower			
Projection Equal Angle			

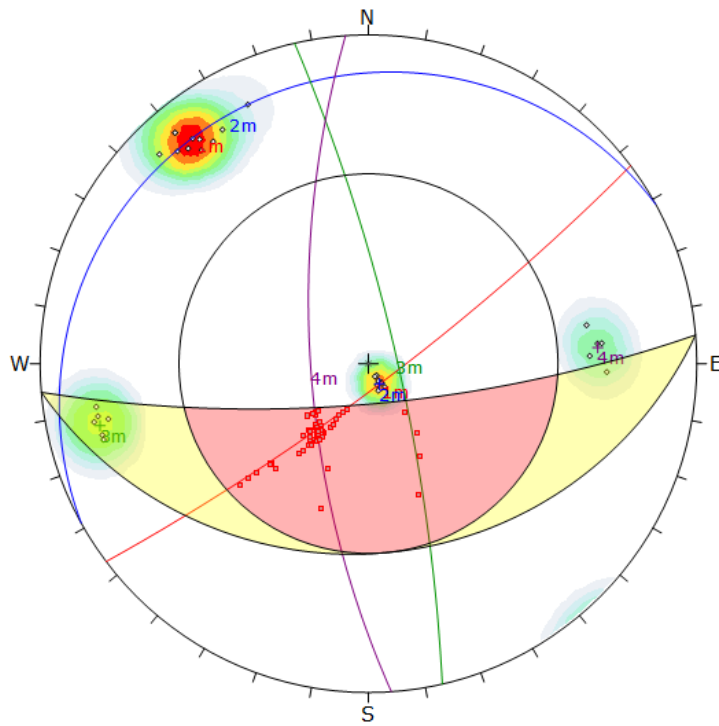
Estación Geomecánica 14

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 3.10		
	3.10 - 6.20		
	6.20 - 9.30		
	9.30 - 12.40		
	12.40 - 15.50		
	15.50 - 18.60		
	18.60 - 21.70		
	21.70 - 24.80		
	24.80 - 27.90		
	27.90 - 31.00		
Maximum Density 30.01%			
Contour Data Pole Vectors			
Contour Distribution Fisher			
Counting Circle Size 1.0%			
Kinematic Analysis Planar Sliding			
Slope Dip 76			
Slope Dip Direction 175			
Friction Angle 30°			
Lateral Limits 20°			
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)			
	0	30	0.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	82	143	
2m	8	331	
3m	80	77	
4m	70	266	
Plot Mode Pole Vectors			
Vector Count 30 (30 Entries)			
Hemisphere Lower			
Projection Equal Angle			

Rotura en cuña: Las Familias 1-4 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
Blue	0.00 - 3.10
Light Green	3.10 - 6.20
Green	6.20 - 9.30
Yellow-Green	9.30 - 12.40
Yellow	12.40 - 15.50
Orange	15.50 - 18.60
Red-Orange	18.60 - 21.70
Red	21.70 - 24.80
Dark Red	24.80 - 27.90
Black	27.90 - 31.00

Maximum Density	30.01%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

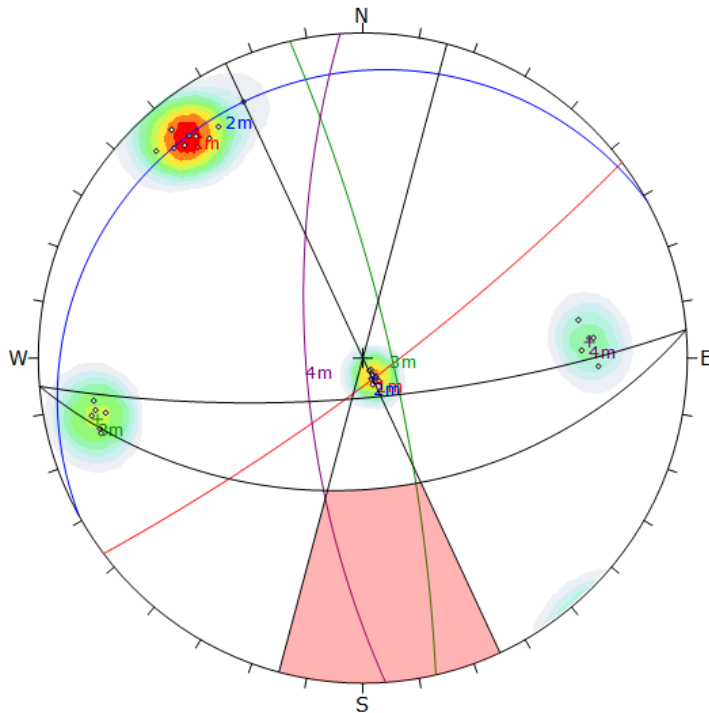
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	88	434	20.28%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Red	82	143	
Blue	8	331	
Green	80	77	
Purple	70	266	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	434
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
Blue	0.00 - 3.10
Light Green	3.10 - 6.20
Green	6.20 - 9.30
Yellow-Green	9.30 - 12.40
Yellow	12.40 - 15.50
Orange	15.50 - 18.60
Red-Orange	18.60 - 21.70
Red	21.70 - 24.80
Dark Red	24.80 - 27.90
Black	27.90 - 31.00

Maximum Density	30.01%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

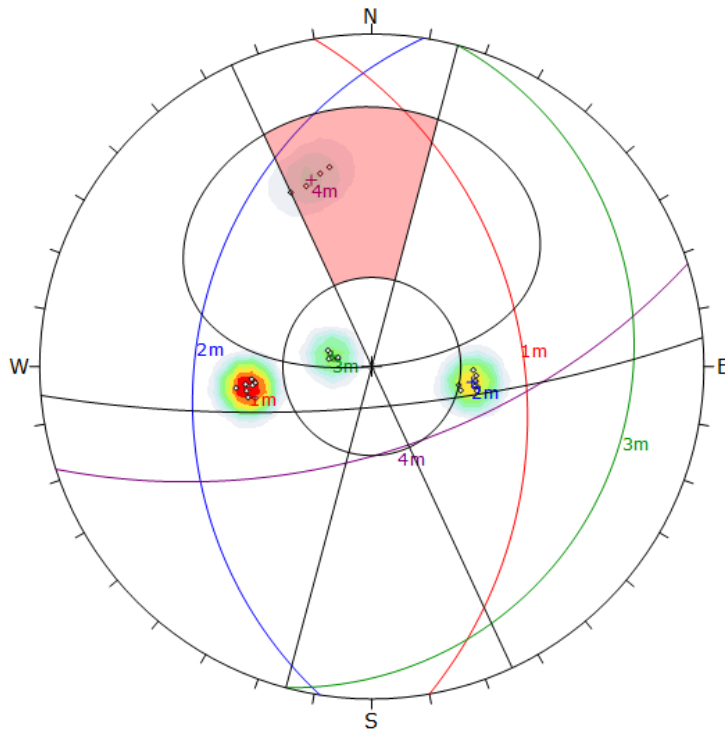
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	30	0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Red	82	143	
Blue	8	331	
Green	80	77	
Purple	70	266	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Estación Geomecánica 15

Rotura planar: La Familia 4 genera potencial rotura planar.



Symbol	Feature
o	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0,00 - 3,60
	3,60 - 7,20
	7,20 - 10,80
	10,80 - 14,40
	14,40 - 18,00
	18,00 - 21,60
	21,60 - 25,20
	25,20 - 28,80
	28,80 - 32,40
	32,40 - 36,00

Maximum Density	35,36%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1,0%

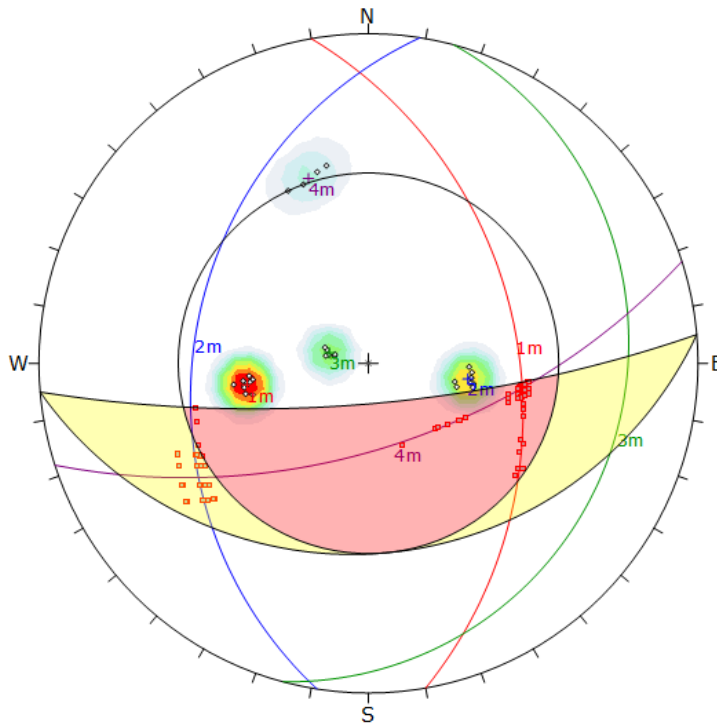
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	4	30	13,33%
Planar Sliding (Set 4)	4	4	100,00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	41	80	
2m	34	279	
3m	14	105	
4m	61	162	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en cuña: Las Familias 1-4 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
o	Pole Vectors
•	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0,00 - 3,60
	3,60 - 7,20
	7,20 - 10,80
	10,80 - 14,40
	14,40 - 18,00
	18,00 - 21,60
	21,60 - 25,20
	25,20 - 28,80
	28,80 - 32,40
	32,40 - 36,00

Maximum Density	35,36%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1,0%

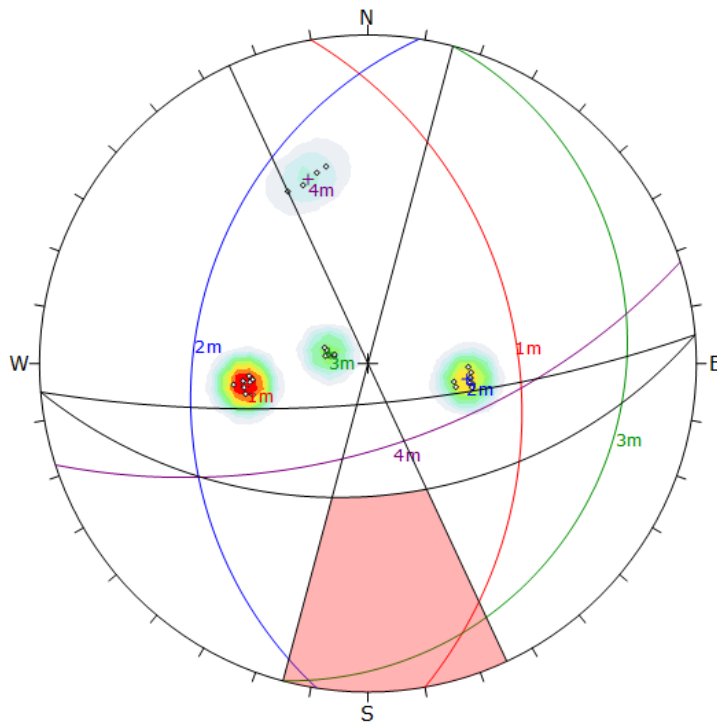
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	90	434	20,74%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	41	80	
2m	34	279	
3m	14	105	
4m	61	162	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	434
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

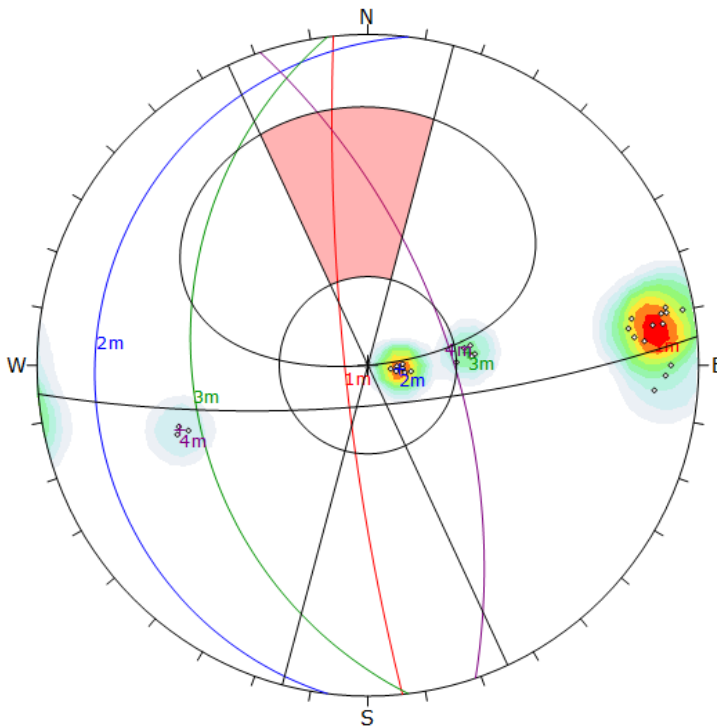
Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature		
◊	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 3.60		
	3.60 - 7.20		
	7.20 - 10.80		
	10.80 - 14.40		
	14.40 - 18.00		
	18.00 - 21.60		
	21.60 - 25.20		
	25.20 - 28.80		
	28.80 - 32.40		
	32.40 - 36.00		
Maximum Density	35.36%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Flexural Topping	Flexural Topping		
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Flexural Topping (All)	0	30	0.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	41	80	
2m	34	279	
3m	14	105	
4m	61	162	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

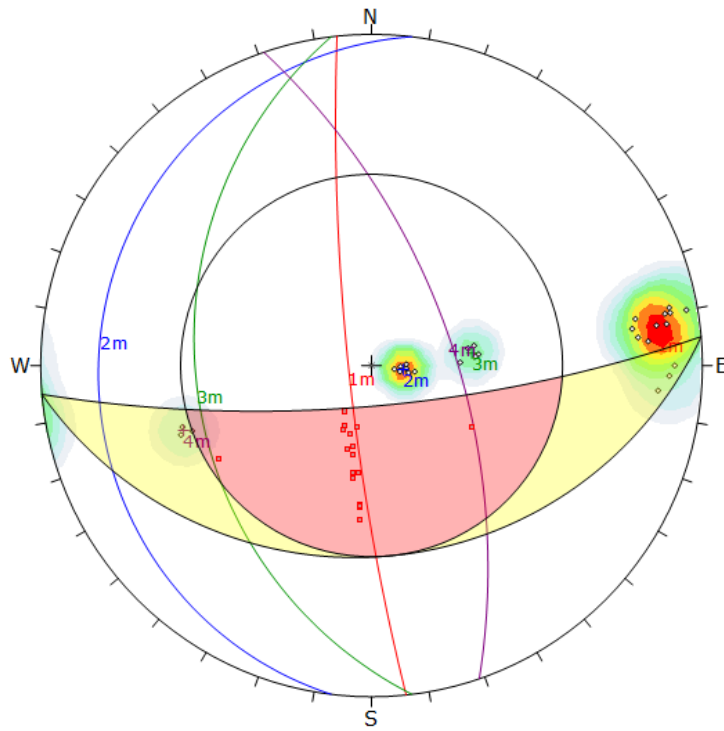
Estación Geomecánica 16

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature		
◊	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 3.40		
	3.40 - 6.80		
	6.80 - 10.20		
	10.20 - 13.60		
	13.60 - 17.00		
	17.00 - 20.40		
	20.40 - 23.80		
	23.80 - 27.20		
	27.20 - 30.60		
	30.60 - 34.00		
Maximum Density	33.83%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Planar Sliding	Planar Sliding		
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	30	0.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	82	264	
2m	11	277	
3m	34	263	
4m	62	71	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Rotura en cuña: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
0.00 - 3.40	
3.40 - 6.80	
6.80 - 10.20	
10.20 - 13.60	
13.60 - 17.00	
17.00 - 20.40	
20.40 - 23.80	
23.80 - 27.20	
27.20 - 30.60	
30.60 - 34.00	

Maximum Density	33.83%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

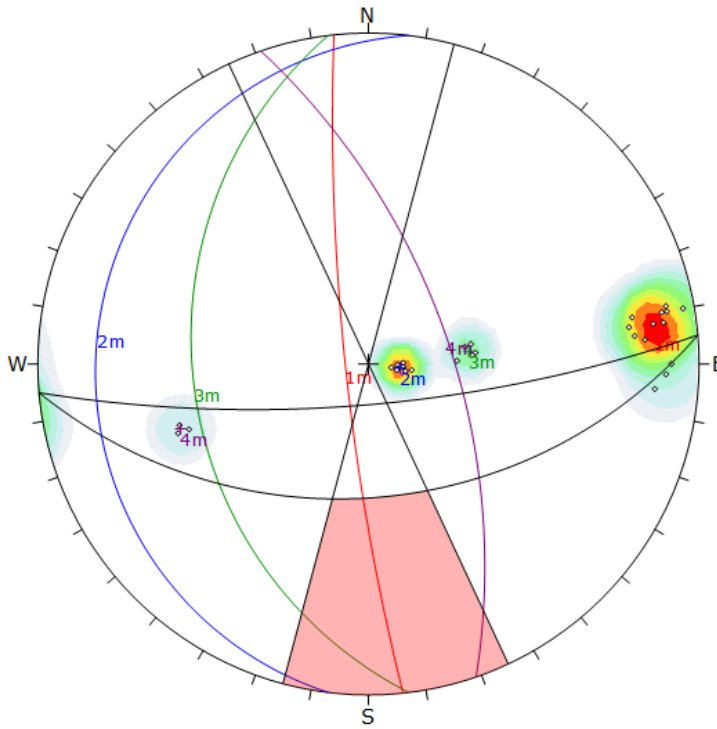
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	17	434	3.92%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	82	264	
2m	11	277	
3m	34	263	
4m	62	71	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	434
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
0.00 - 3.40	
3.40 - 6.80	
6.80 - 10.20	
10.20 - 13.60	
13.60 - 17.00	
17.00 - 20.40	
20.40 - 23.80	
23.80 - 27.20	
27.20 - 30.60	
30.60 - 34.00	

Maximum Density	33.83%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

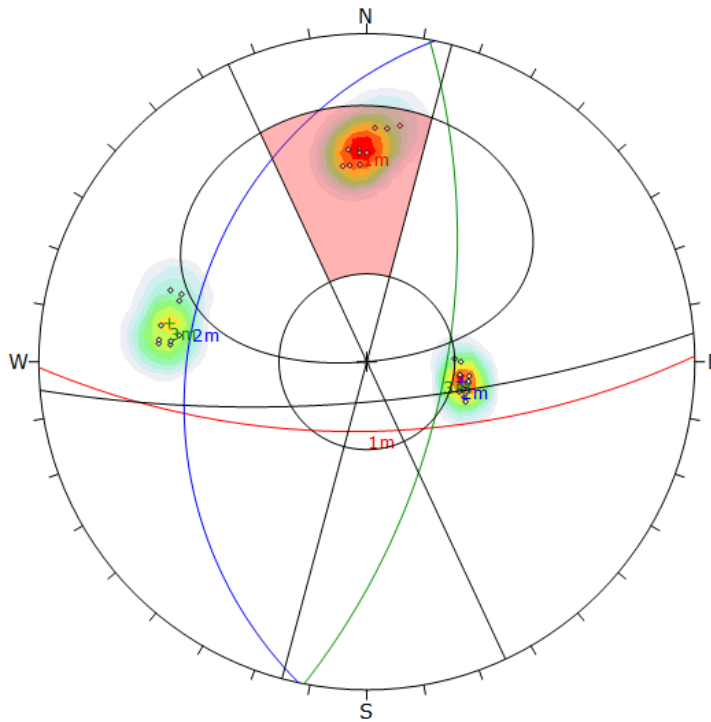
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	30	0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	82	264	
2m	11	277	
3m	34	263	
4m	62	71	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Estación Geomecánica 17

Rotura planar: La Familia 1 genera rotura planar.



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
0.00 - 3.00	
3.00 - 6.00	
6.00 - 9.00	
9.00 - 12.00	
12.00 - 15.00	
15.00 - 18.00	
18.00 - 21.00	
21.00 - 24.00	
24.00 - 27.00	
27.00 - 30.00	

Maximum Density	29.75%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

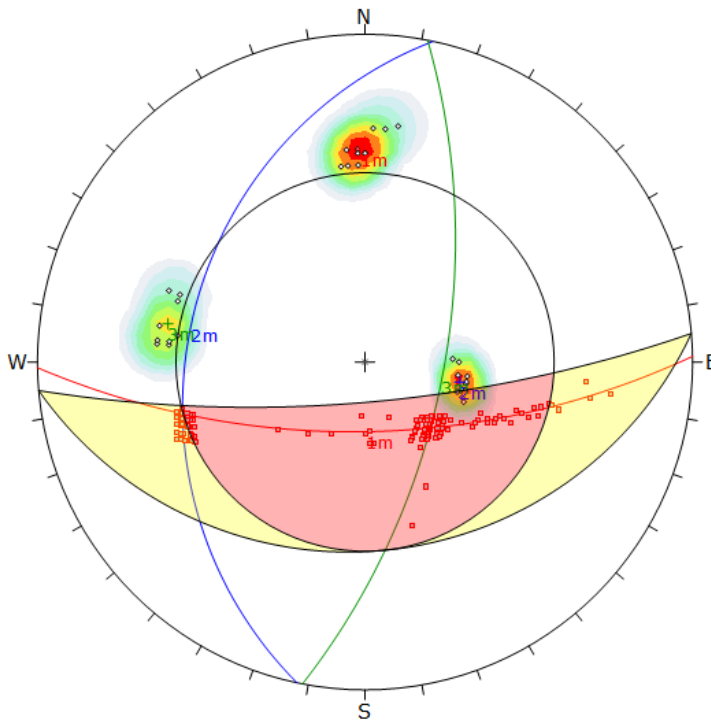
Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	11	30	36.67%
Planar Sliding (Set. 1)	11	11	100.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	66	179	
2m	33	282	
3m	63	101	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en cuña: Las Familias 1-3 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors
◻	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
0.00 - 3.00	
3.00 - 6.00	
6.00 - 9.00	
9.00 - 12.00	
12.00 - 15.00	
15.00 - 18.00	
18.00 - 21.00	
21.00 - 24.00	
24.00 - 27.00	
27.00 - 30.00	

Maximum Density	29.75%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

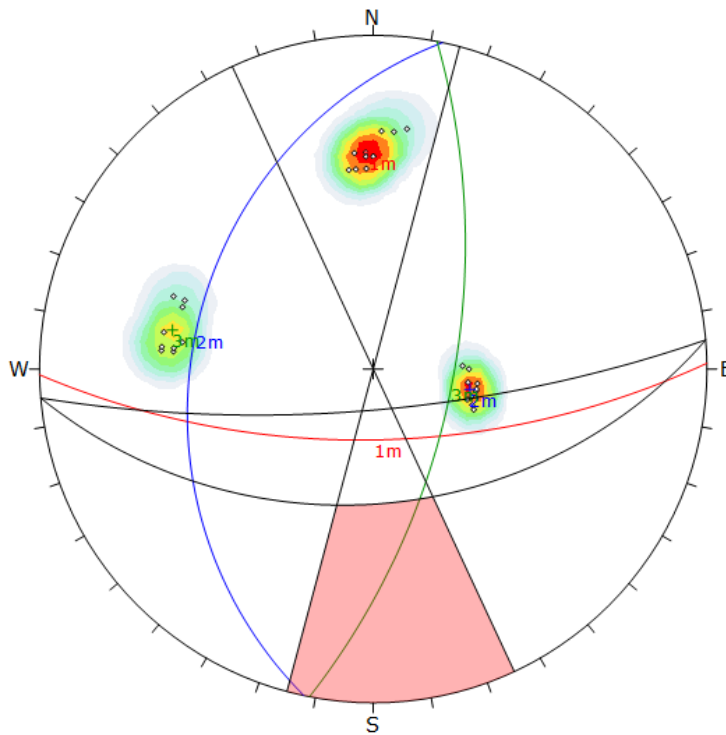
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	239	434	55.07%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	66	179	
2m	33	282	
3m	63	101	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	434
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

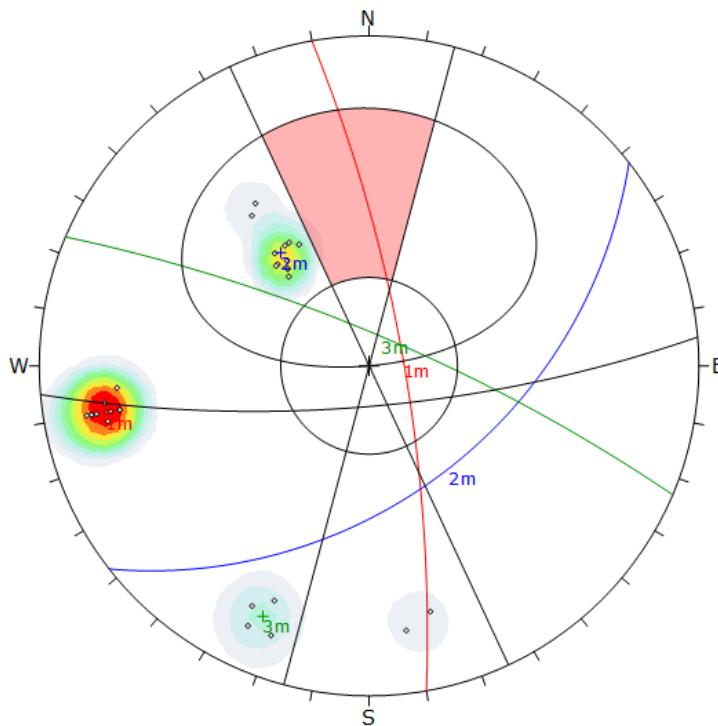
Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature		
◊	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 3.00		
	3.00 - 6.00		
	6.00 - 9.00		
	9.00 - 12.00		
	12.00 - 15.00		
	15.00 - 18.00		
	18.00 - 21.00		
	21.00 - 24.00		
	24.00 - 27.00		
	27.00 - 30.00		
Maximum Density	29.75%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Flexural Topping			
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Flexural Topping (All)	0	30	0.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	66	179	
2m	33	282	
3m	63	101	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

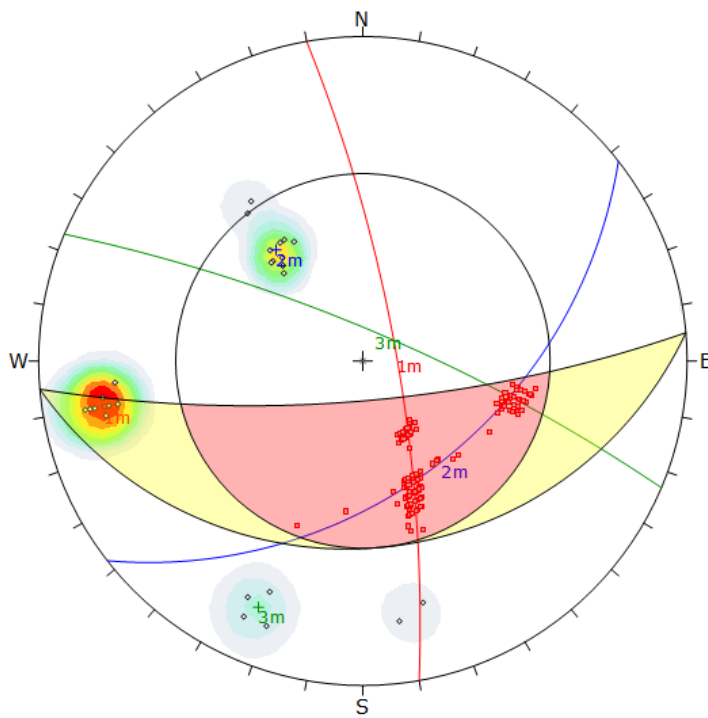
Estación Geomecánica 18

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature		
◊	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 3.90		
	3.90 - 7.80		
	7.80 - 11.70		
	11.70 - 15.60		
	15.60 - 19.50		
	19.50 - 23.40		
	23.40 - 27.30		
	27.30 - 31.20		
	31.20 - 35.10		
	35.10 - 39.00		
Maximum Density	38.55%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Planar Sliding			
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	30	0.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	78	80	
2m	47	142	
3m	79	23	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Rotura en cuña: Las Familias 1-2 y las Familias 2-3 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
0.00	- 3.90
3.90	- 7.80
7.80	- 11.70
11.70	- 15.60
15.60	- 19.50
19.50	- 23.40
23.40	- 27.30
27.30	- 31.20
31.20	- 35.10
35.10	- 39.00

Maximum Density	38.55%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

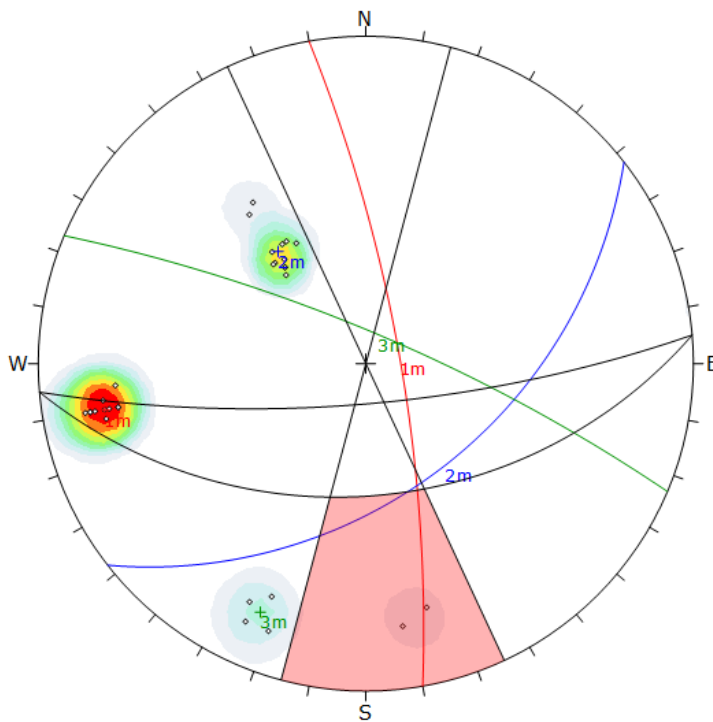
Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	218	431	50.58%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	78	80	
2m	47	142	
3m	79	23	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	431
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
0.00	- 3.90
3.90	- 7.80
7.80	- 11.70
11.70	- 15.60
15.60	- 19.50
19.50	- 23.40
23.40	- 27.30
27.30	- 31.20
31.20	- 35.10
35.10	- 39.00

Maximum Density	38.55%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Topping
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

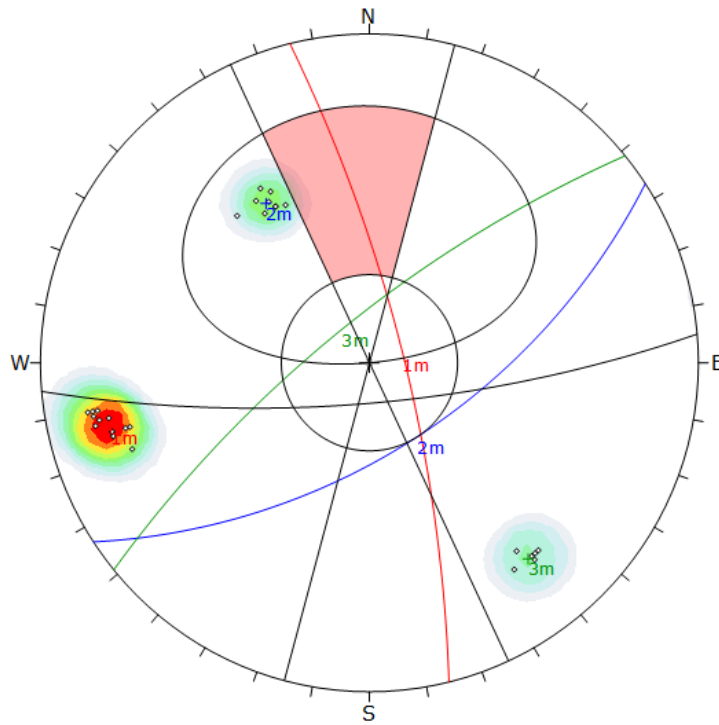
	Critical	Total	%
Flexural Topping (All)	2	30	6.67%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	78	80	
2m	47	142	
3m	79	23	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

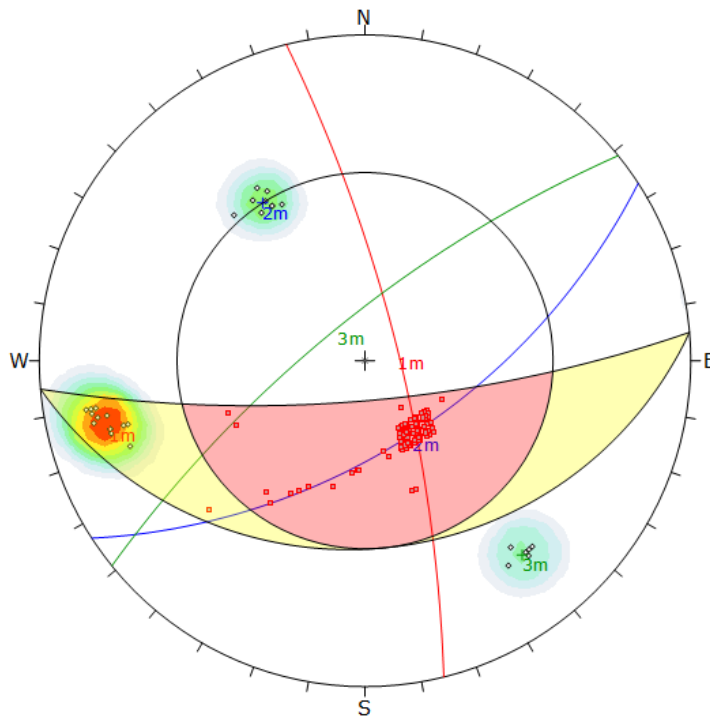
Estación Geomecánica 19

Rotura planar: No se genera.



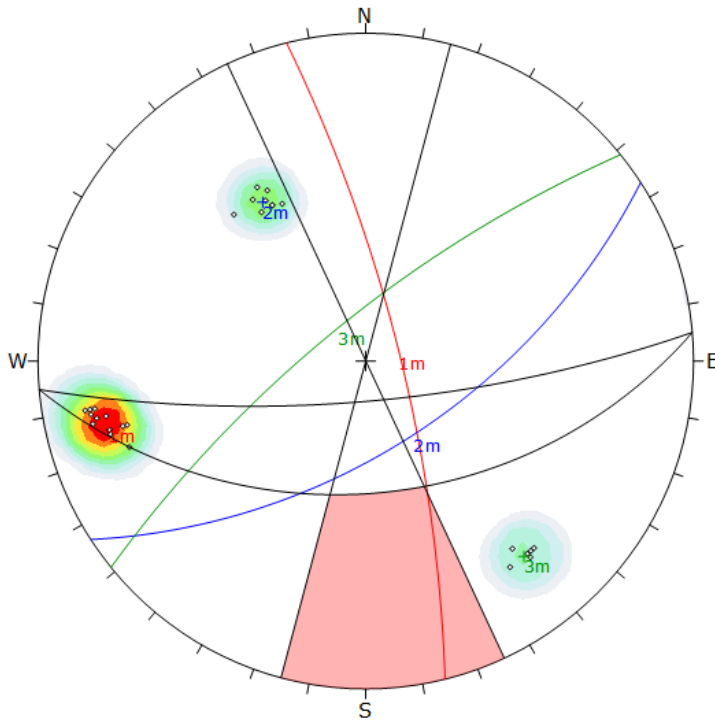
Symbol	Feature		
○	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	0.00 - 4.70		
	4.70 - 9.40		
	9.40 - 14.10		
	14.10 - 18.80		
	18.80 - 23.50		
	23.50 - 28.20		
	28.20 - 32.90		
	32.90 - 37.60		
	37.60 - 42.30		
	42.30 - 47.00		
Maximum Density	46.86%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Planar Sliding			
Slope Dip	75		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	30	0.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	78	76	
2m	60	147	
3m	75	321	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Rotura en cuña: Las Familias 1-2 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature		
○	Pole Vectors		
■	Critical Intersection		
Density Concentrations			
Color	0.00 - 4.70		
	4.70 - 9.40		
	9.40 - 14.10		
	14.10 - 18.80		
	18.80 - 23.50		
	23.50 - 28.20		
	28.20 - 32.90		
	32.90 - 37.60		
	37.60 - 42.30		
	42.30 - 47.00		
Maximum Density	46.86%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Wedge Sliding			
Slope Dip	75		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
	Critical	Total	%
Wedge Sliding	161	430	37.44%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	78	76	
2m	60	147	
3m	75	321	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Intersection Mode	Grid Data Planes		
Intersections Count	430		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Rotura en vuelco: No se genera.

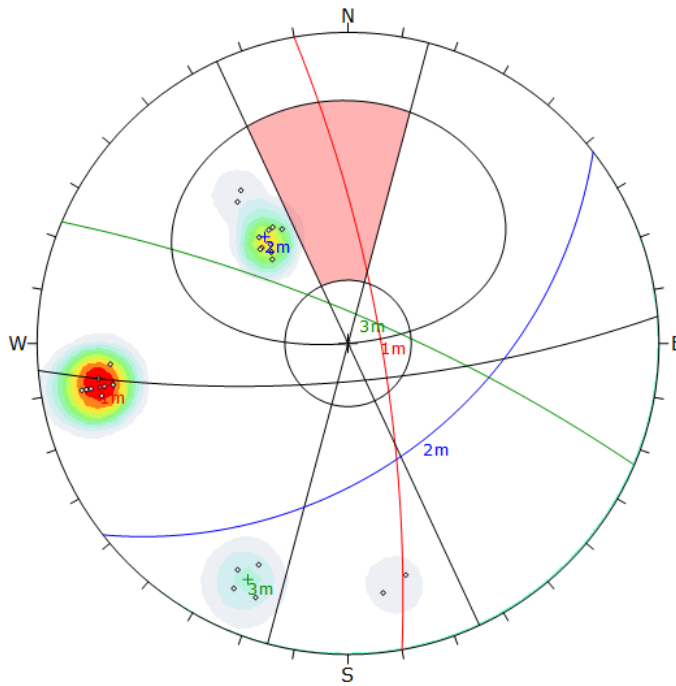


Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 4.70		
	4.70 - 9.40		
	9.40 - 14.10		
	14.10 - 18.80		
	18.80 - 23.50		
	23.50 - 28.20		
	28.20 - 32.90		
	32.90 - 37.60		
	37.60 - 42.30		
	42.30 - 47.00		
Maximum Density 46.86%			
Contour Data Pole Vectors			
Contour Distribution Fisher			
Counting Circle Size 1.0%			
Kinematic Analysis Flexural Toppling			
Slope Dip 76			
Slope Dip Direction 175			
Friction Angle 30°			
Lateral Limits 20°			
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)			
	0	30	0.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	78	76	
2m	60	147	
3m	75	321	
Plot Mode Pole Vectors			
Vector Count 30 (30 Entries)			
Hemisphere Lower			
Projection Equal Angle			

Análisis cinemático en talud actual para cada zona geomecánica

Zona Geomecánica 1

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

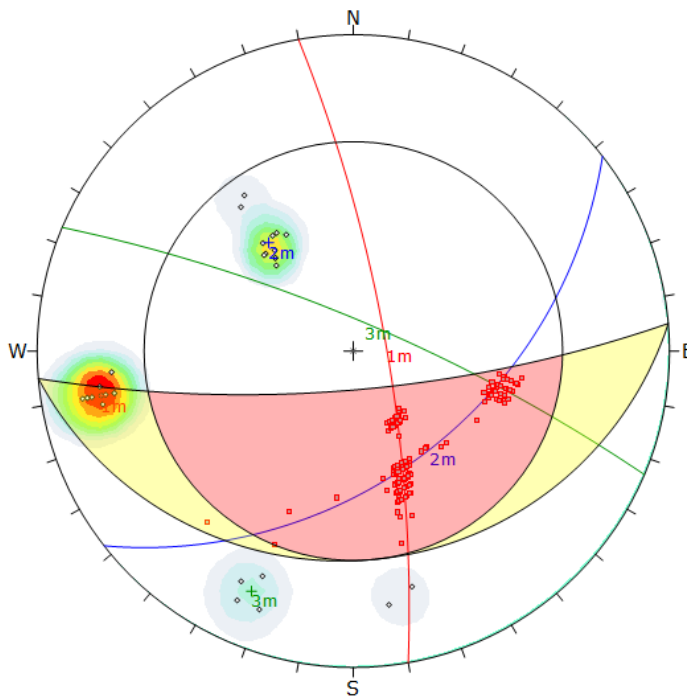
Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.90
	3.90 - 7.80
	7.80 - 11.70
	11.70 - 15.60
	15.60 - 19.50
	19.50 - 23.40
	23.40 - 27.30
	27.30 - 31.20
	31.20 - 35.10
	35.10 - 39.00

Maximum Density	38.55%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis		Critical		Total	%
Planar Sliding		0	30	0.00%	
Slope Dip	76				
Slope Dip Direction	175				
Friction Angle	23°				
Lateral Limits	20°				

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	78	80	
2m	47	142	
3m	79	23	

Rotura en cuña: Las Familias 1-2 y 2-3 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors
■	Critical Intersection

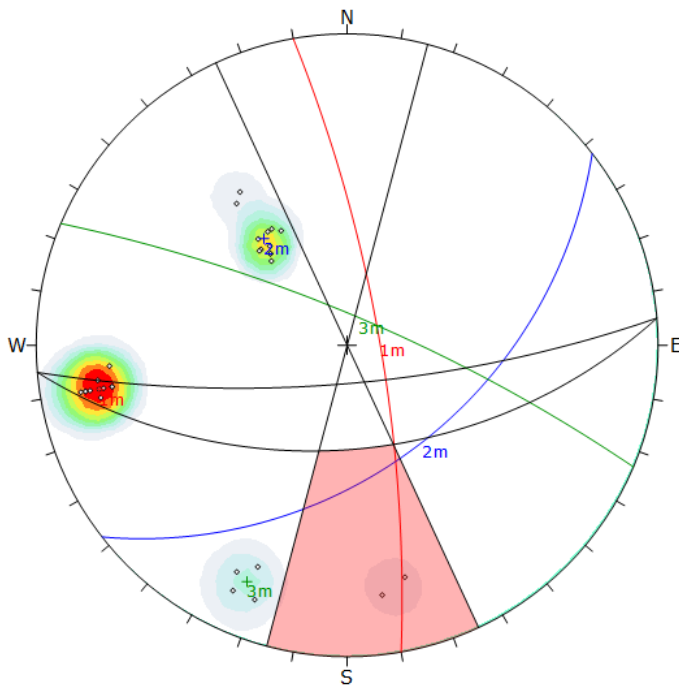
Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.90
	3.90 - 7.80
	7.80 - 11.70
	11.70 - 15.60
	15.60 - 19.50
	19.50 - 23.40
	23.40 - 27.30
	27.30 - 31.20
	31.20 - 35.10
	35.10 - 39.00

Maximum Density	38.55%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis		Critical		Total	%
Wedge Sliding		222	431	51.51%	
Slope Dip	76				
Slope Dip Direction	175				
Friction Angle	23°				

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	78	80	
2m	47	142	
3m	79	23	

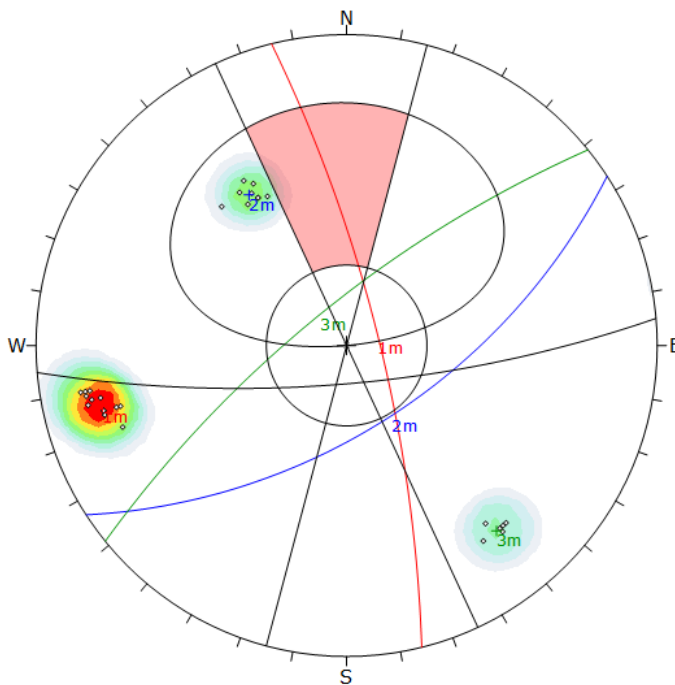
Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 3.90		
	3.90 - 7.80		
	7.80 - 11.70		
	11.70 - 15.60		
	15.60 - 19.50		
	19.50 - 23.40		
	23.40 - 27.30		
	27.30 - 31.20		
	31.20 - 35.10		
	35.10 - 39.00		
Maximum Density	38.55%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Flexural Topping			
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	23°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Flexural Topping (All)	2	30	6.67%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	78	80	
2m	47	142	
3m	79	23	

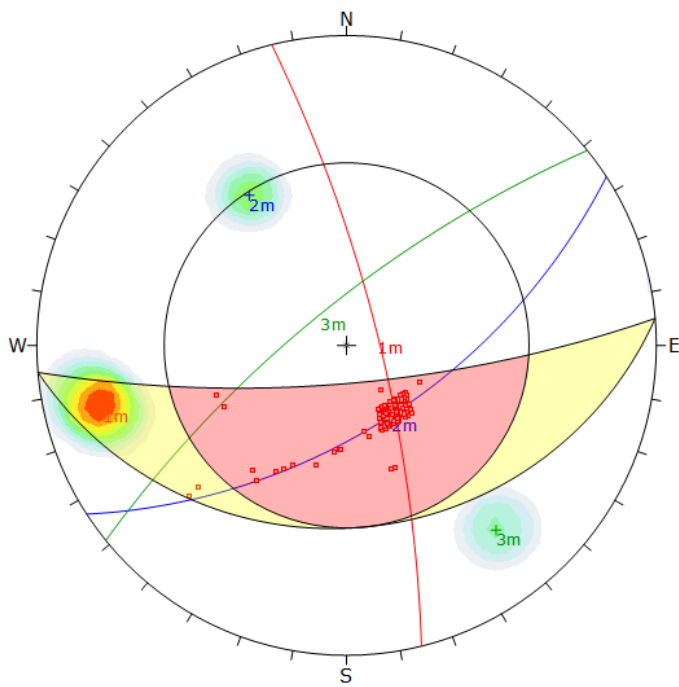
Zona Geomecánica 2

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 4.70		
	4.70 - 9.40		
	9.40 - 14.10		
	14.10 - 18.80		
	18.80 - 23.50		
	23.50 - 28.20		
	28.20 - 32.90		
	32.90 - 37.60		
	37.60 - 42.30		
	42.30 - 47.00		
Maximum Density	46.86%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Planar Sliding			
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	29°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	30	0.00%
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	78	76	
2m	60	147	
3m	75	321	

Rotura en cuña: Las Familias 1-2 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
■	Critical Intersection

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

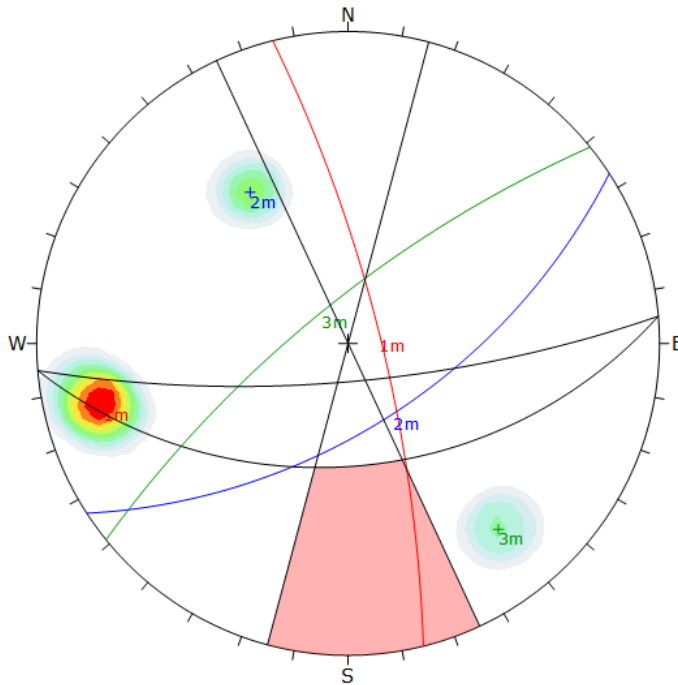
Maximum Density	46.86%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis		Wedge Sliding	
Slope Dip	75		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	29°		

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	163	430	37.91%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	430
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en vuelco: No se genera.



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

Maximum Density	46.86%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

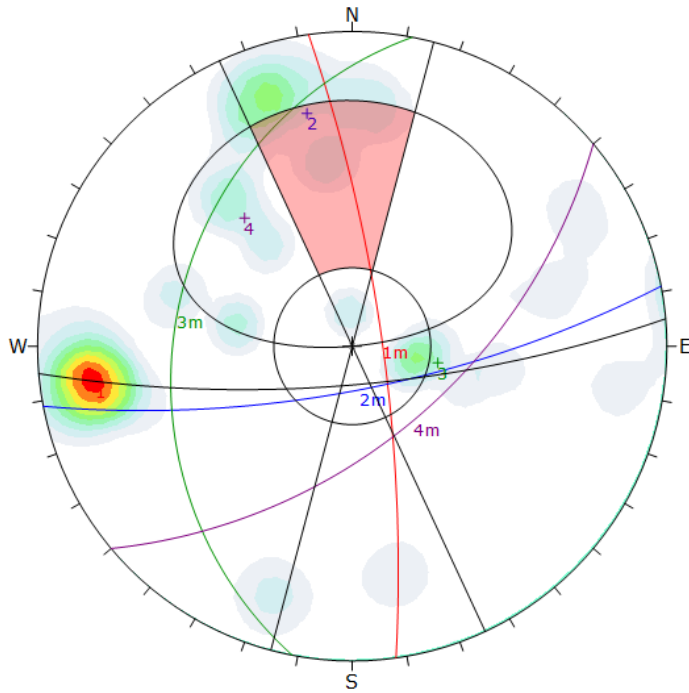
Kinematic Analysis		Flexural Toppling	
Slope Dip	75		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	29°		
Lateral Limits	20°		

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	30	0.00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Zona Geomecánica 3

Rotura planar: La Familia 2 genera potencial rotura planar.



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.50
	1.50 - 3.00
	3.00 - 4.50
	4.50 - 6.00
	6.00 - 7.50
	7.50 - 9.00
	9.00 - 10.50
	10.50 - 12.00
	12.00 - 13.50
	13.50 - 15.00

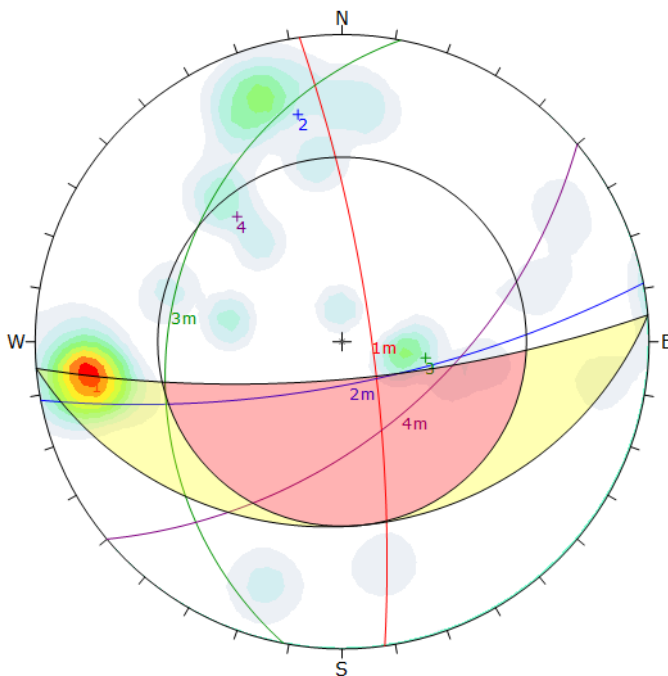
Maximum Density	14.26%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	28°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	23	240	9.58%
Planar Sliding (Set 2)	23	50	46.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	79	82	1
2m	74	169	2
3m	31	281	3
4m	56	140	4

Rotura en cuña: Las Familias 1-4 generan potenciales cuñas.



Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.50
	1.50 - 3.00
	3.00 - 4.50
	4.50 - 6.00
	6.00 - 7.50
	7.50 - 9.00
	9.00 - 10.50
	10.50 - 12.00
	12.00 - 13.50
	13.50 - 15.00

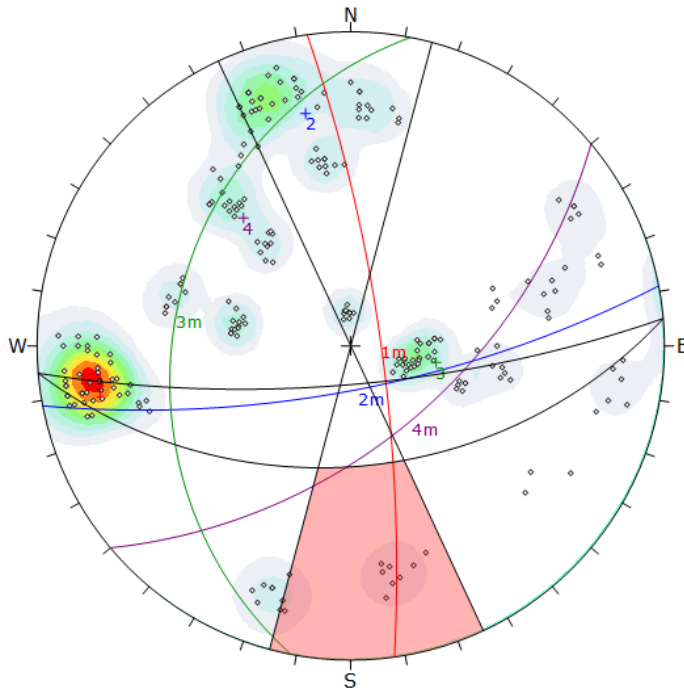
Maximum Density	14.26%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	28°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	8697	28639	30.37%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	79	82	1
2m	74	169	2
3m	31	281	3
4m	56	140	4

Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.50
	1.50 - 3.00
	3.00 - 4.50
	4.50 - 6.00
	6.00 - 7.50
	7.50 - 9.00
	9.00 - 10.50
	10.50 - 12.00
	12.00 - 13.50
	13.50 - 15.00

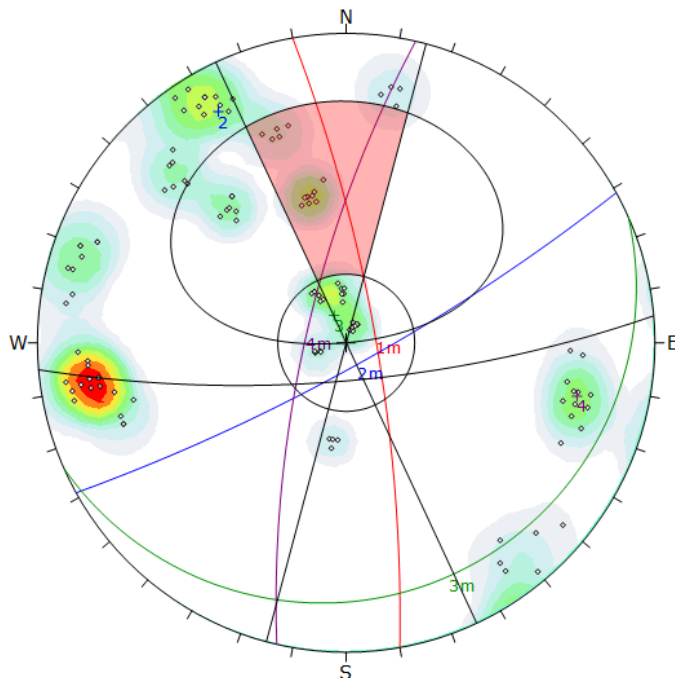
Maximum Density	14.26%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis		Flexural Toppling	
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	28°		
Lateral Limits	20°		
		Critical	Total
Flexural Toppling (All)		12	240
			5.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes				
1m		79	82	1
2m		74	169	2
3m		31	281	3
4m		56	140	4

Zona Geomecánica 4

Rotura planar: La Familia 2 genera potencial rotura planar.



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

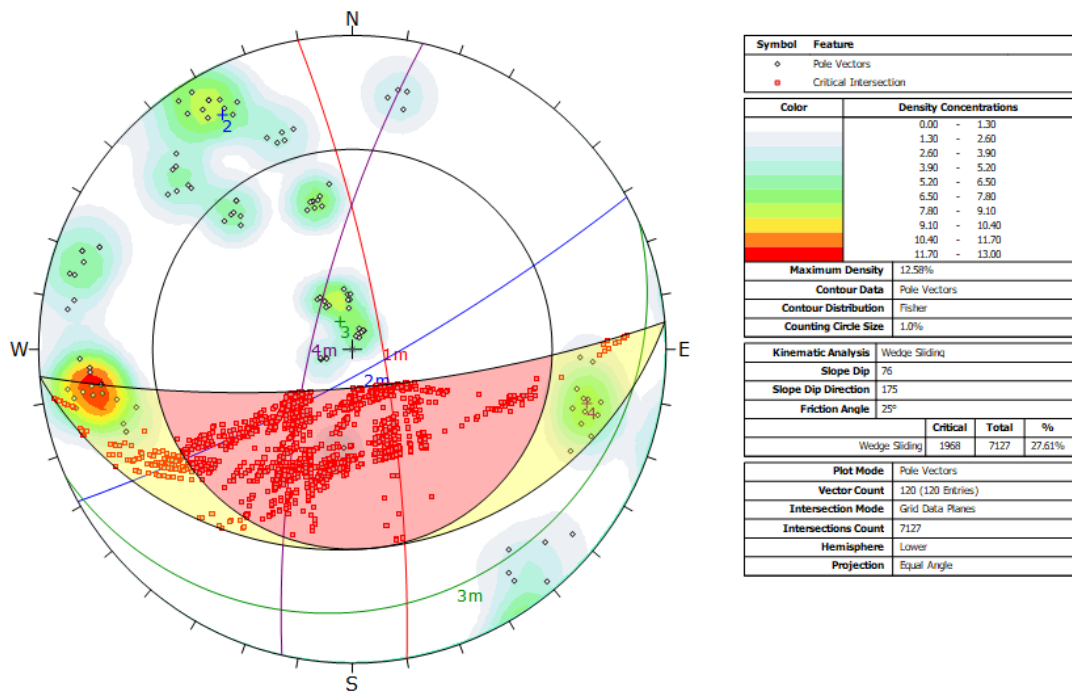
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.30
	1.30 - 2.60
	2.60 - 3.90
	3.90 - 5.20
	5.20 - 6.50
	6.50 - 7.80
	7.80 - 9.10
	9.10 - 10.40
	10.40 - 11.70
	11.70 - 13.00

Maximum Density	12.58%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

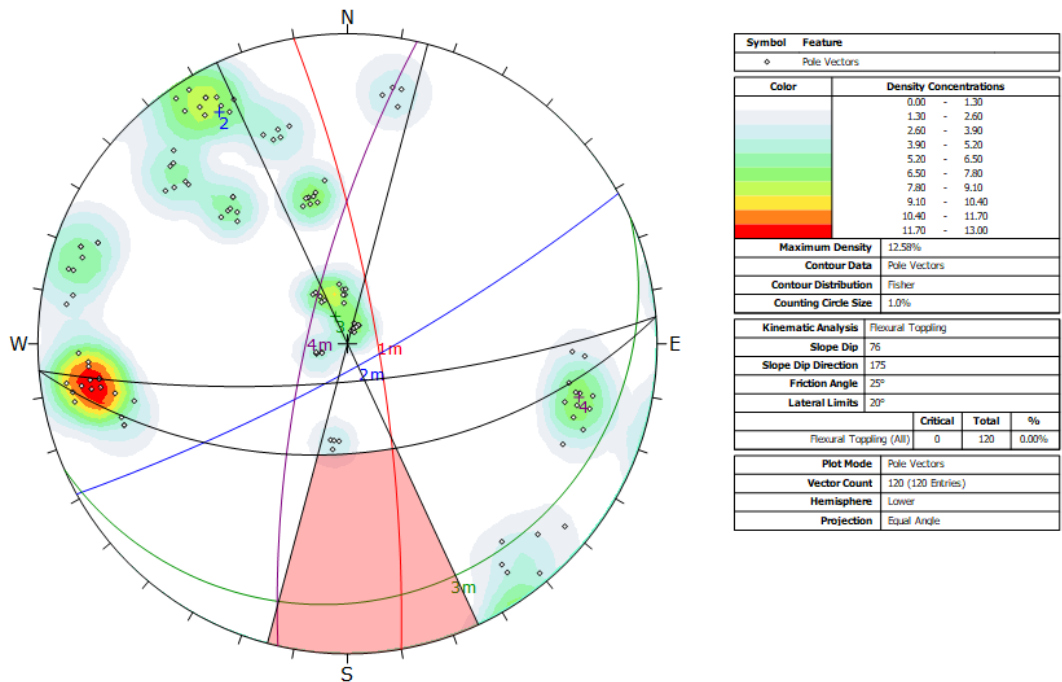
Kinematic Analysis		Planar Sliding	
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	25°		
Lateral Limits	20°		
		Critical	Total
Planar Sliding (All)		14	120
			11.67%
Planar Sliding (Set 2)		3	15
			20.00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	120 (120 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en cuña: Las Familias 2-4 generan potenciales cuñas.

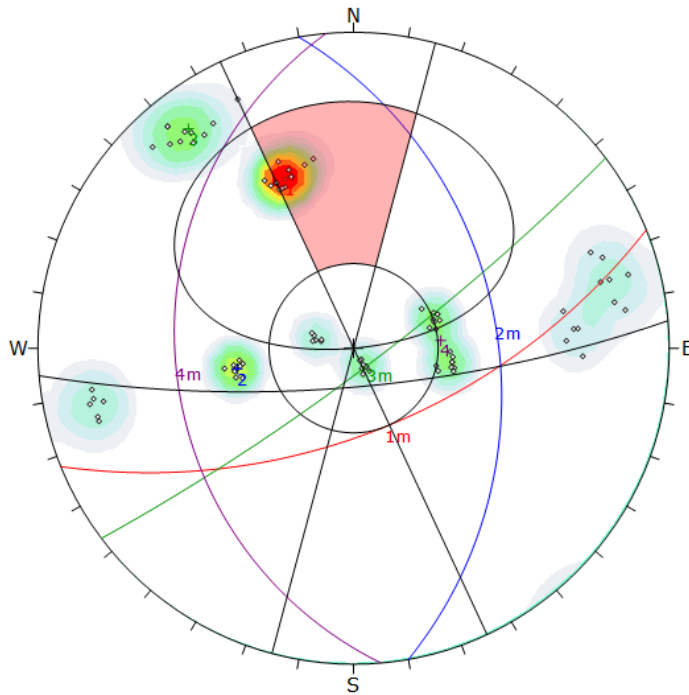


Rotura en vuelco: No se genera.



Zona Geomecánica 5

Rotura planar: La Familia 1 genera potencial rotura planar.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.80
	1.80 - 3.60
	3.60 - 5.40
	5.40 - 7.20
	7.20 - 9.00
	9.00 - 10.80
	10.80 - 12.60
	12.60 - 14.40
	14.40 - 16.20
	16.20 - 18.00

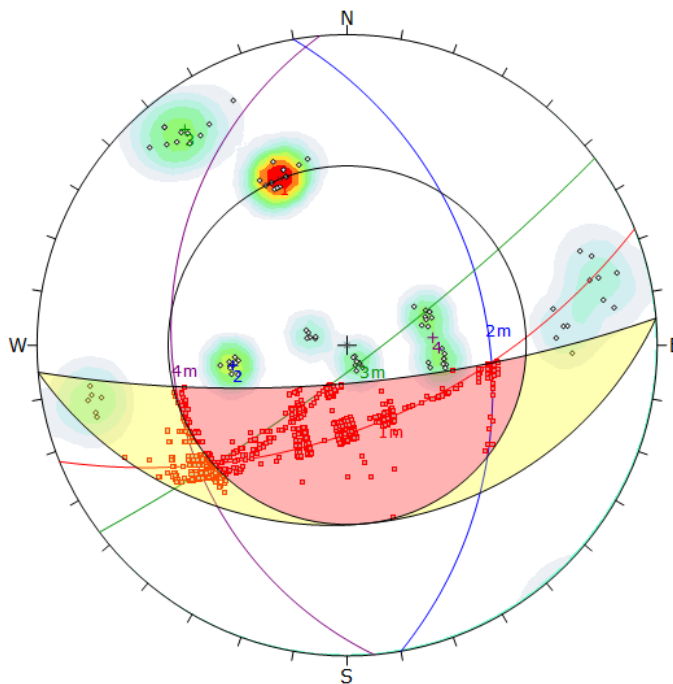
Maximum Density	17.96%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	16	90	17.78%
Planar Sliding (Set 1)	16	18	88.89%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	90 (90 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en cuña: Las Familias 1-3 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.80
	1.80 - 3.60
	3.60 - 5.40
	5.40 - 7.20
	7.20 - 9.00
	9.00 - 10.80
	10.80 - 12.60
	12.60 - 14.40
	14.40 - 16.20
	16.20 - 18.00

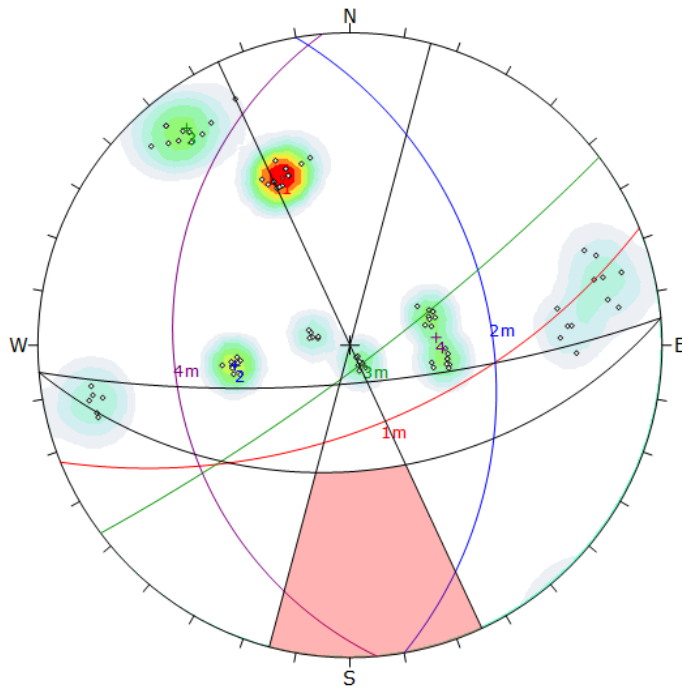
Maximum Density	17.96%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	76
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	30°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	1318	3993	33.01%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	90 (90 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	3993
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

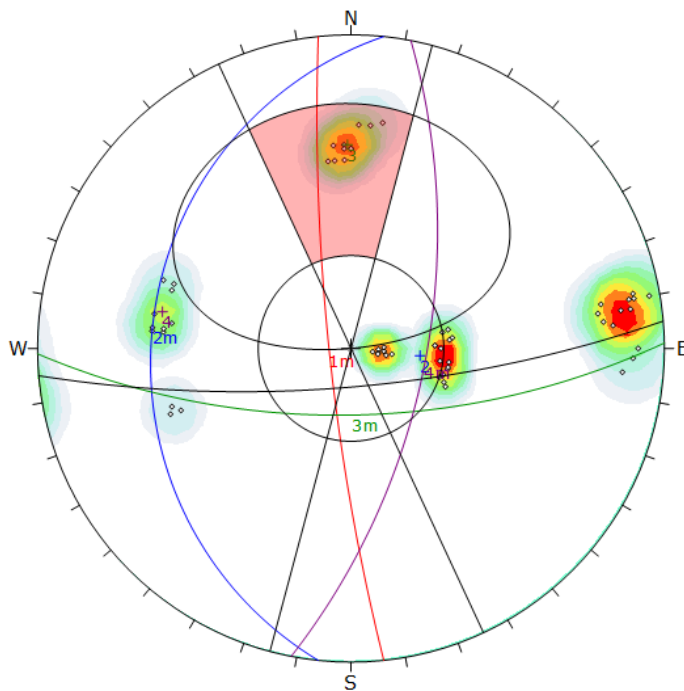
Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 1.80		
	1.80 - 3.60		
	3.60 - 5.40		
	5.40 - 7.20		
	7.20 - 9.00		
	9.00 - 10.80		
	10.80 - 12.60		
	12.60 - 14.40		
	14.40 - 16.20		
	16.20 - 18.00		
Maximum Density	17.96%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Flexural Toppling			
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	90	0.00%
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	90 (90 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Zona Geomecánica 6

Rotura planar: La Familia 3 genera potencial rotura planar.

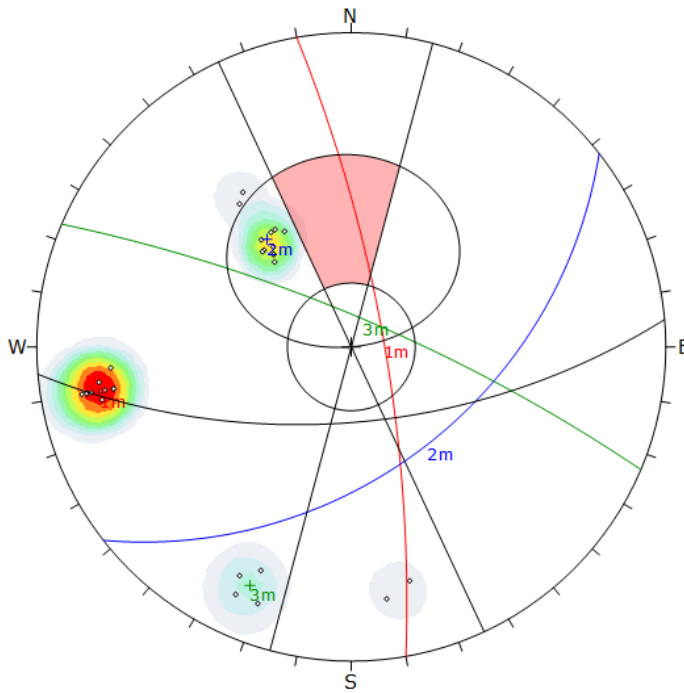


Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 1.70		
	1.70 - 3.40		
	3.40 - 5.10		
	5.10 - 6.80		
	6.80 - 8.50		
	8.50 - 10.20		
	10.20 - 11.90		
	11.90 - 13.60		
	13.60 - 15.30		
	15.30 - 17.00		
Maximum Density	16.91%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Planar Sliding			
Slope Dip	76		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	33°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	11	60	18.33%
Planar Sliding (Set 3)	11	11	100.00%
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	60 (60 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Análisis cinemático en talud óptimo para cada zona geomecánica

Zona Geomecánica 1

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.90
	3.90 - 7.80
	7.80 - 11.70
	11.70 - 15.60
	15.60 - 19.50
	19.50 - 23.40
	23.40 - 27.30
	27.30 - 31.20
	31.20 - 35.10
	35.10 - 39.00

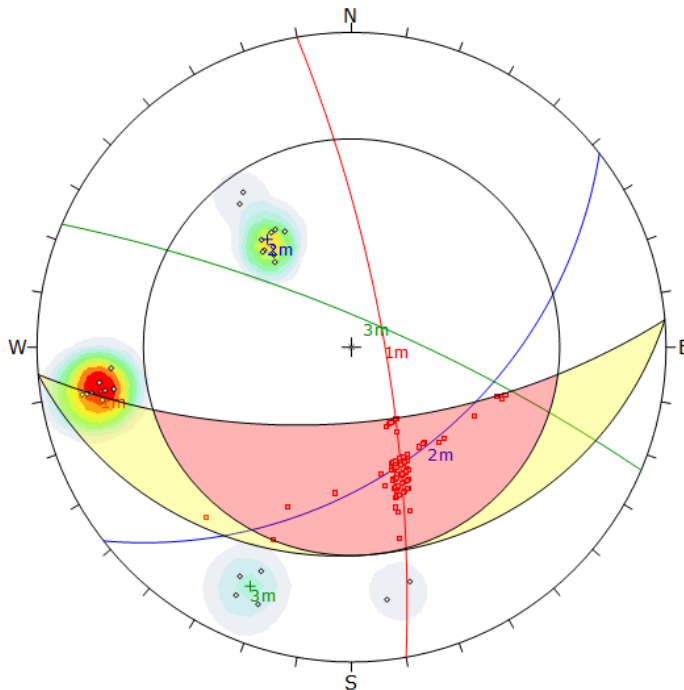
Maximum Density	38.55%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Planar Sliding
Slope Dip	63
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	23°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	30	0.00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en cuña: Las Familias 1-2 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
+	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 3.90
	3.90 - 7.80
	7.80 - 11.70
	11.70 - 15.60
	15.60 - 19.50
	19.50 - 23.40
	23.40 - 27.30
	27.30 - 31.20
	31.20 - 35.10
	35.10 - 39.00

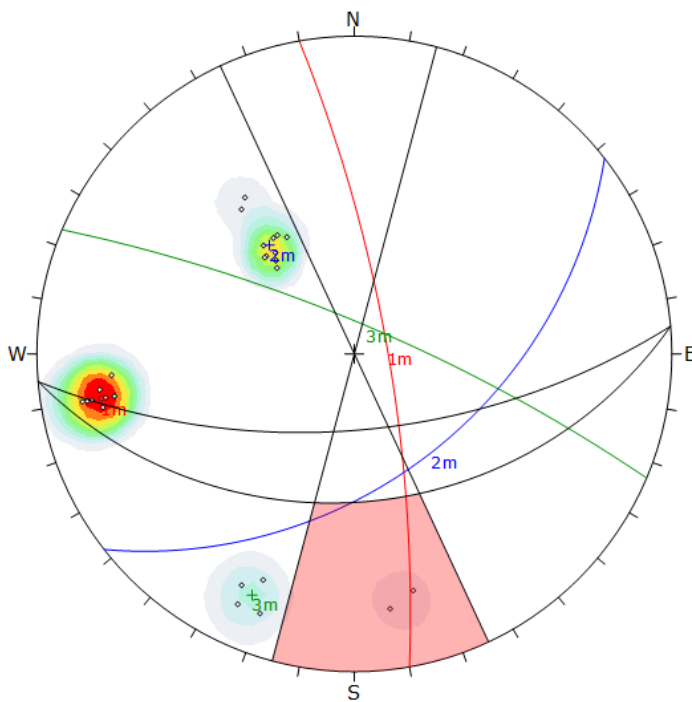
Maximum Density	38.55%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	63
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	23°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	161	431	37.35%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	431
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

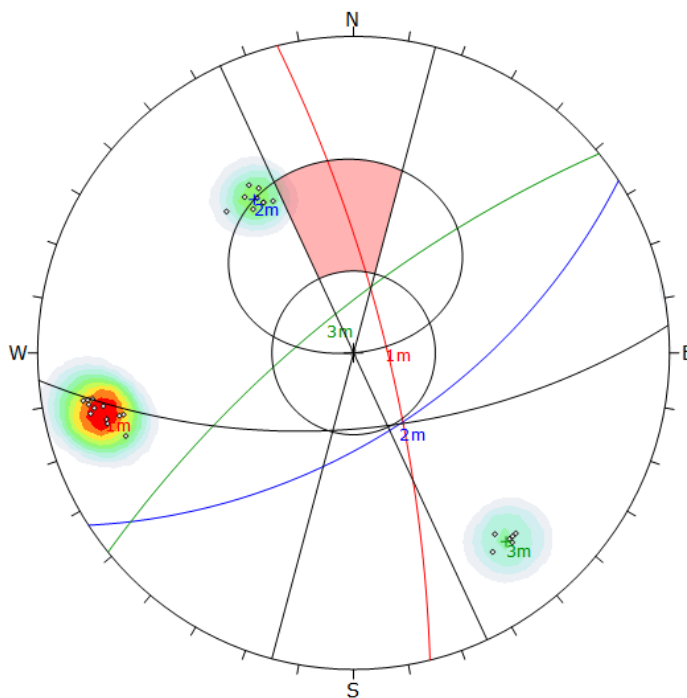
Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 3.90		
	3.90 - 7.80		
	7.80 - 11.70		
	11.70 - 15.60		
	15.60 - 19.50		
	19.50 - 23.40		
	23.40 - 27.30		
	27.30 - 31.20		
	31.20 - 35.10		
	35.10 - 39.00		
Maximum Density	38.55%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Flexural Topping			
Slope Dip	63		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	23°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Flexural Topping (All)	2	30	6.67%
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

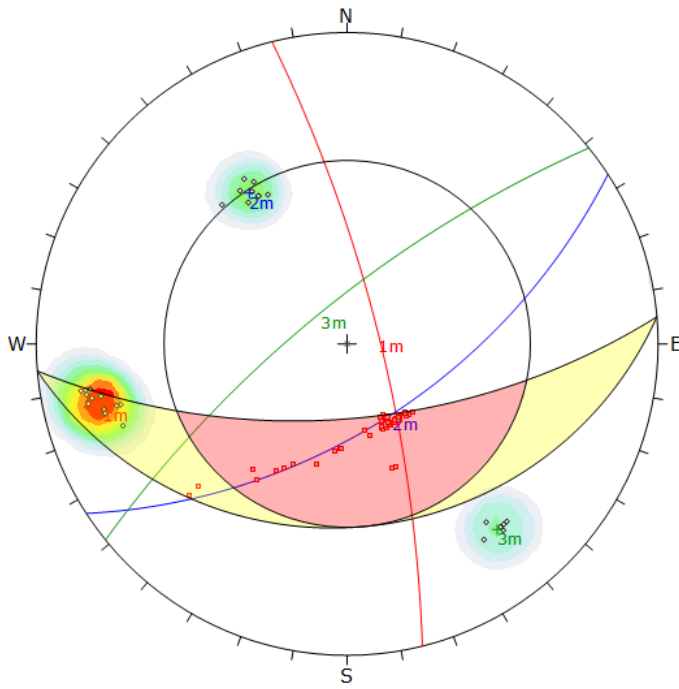
Zona Geomecánica 2

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature		
o	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 4.70		
	4.70 - 9.40		
	9.40 - 14.10		
	14.10 - 18.80		
	18.80 - 23.50		
	23.50 - 28.20		
	28.20 - 32.90		
	32.90 - 37.60		
	37.60 - 42.30		
	42.30 - 47.00		
Maximum Density	46.89%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis			
Planar Sliding			
Slope Dip	63		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	29°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	0	30	0.00%
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	30 (30 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Rotura en cuña: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Intersection

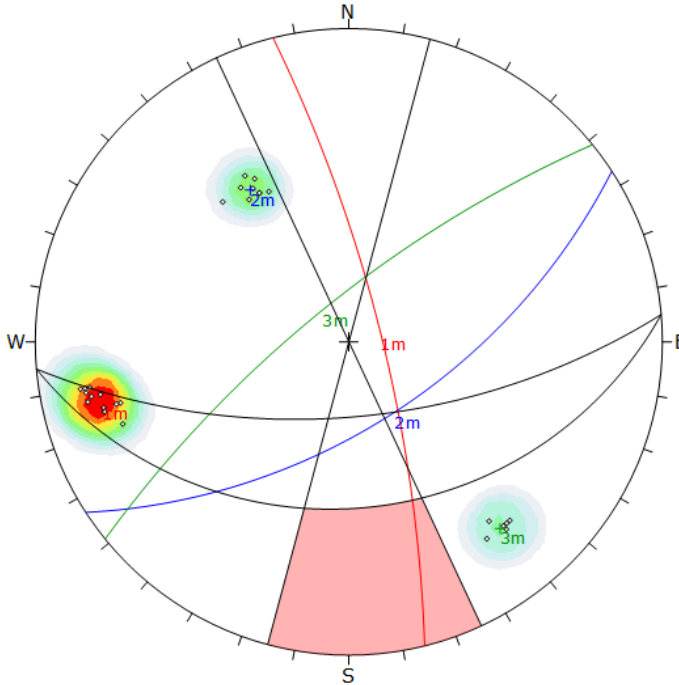
Color	Density Concentrations
Lightest Blue	0.00 - 4.70
Light Blue	4.70 - 9.40
Medium Light Blue	9.40 - 14.10
Light Green	14.10 - 18.80
Medium Green	18.80 - 23.50
Dark Green	23.50 - 28.20
Yellow-Green	28.20 - 32.90
Yellow	32.90 - 37.60
Orange	37.60 - 42.30
Red	42.30 - 47.00

Maximum Density	46.86%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis		Wedge Sliding	
Slope Dip	63		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	29°		
		Critical	Total
Wedge Sliding	83	430	19.30%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Intersection Mode	Grid Delta Planes
Intersections Count	430
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
Lightest Blue	0.00 - 4.70
Light Blue	4.70 - 9.40
Medium Light Blue	9.40 - 14.10
Light Green	14.10 - 18.80
Medium Green	18.80 - 23.50
Dark Green	23.50 - 28.20
Yellow-Green	28.20 - 32.90
Yellow	32.90 - 37.60
Orange	37.60 - 42.30
Red	42.30 - 47.00

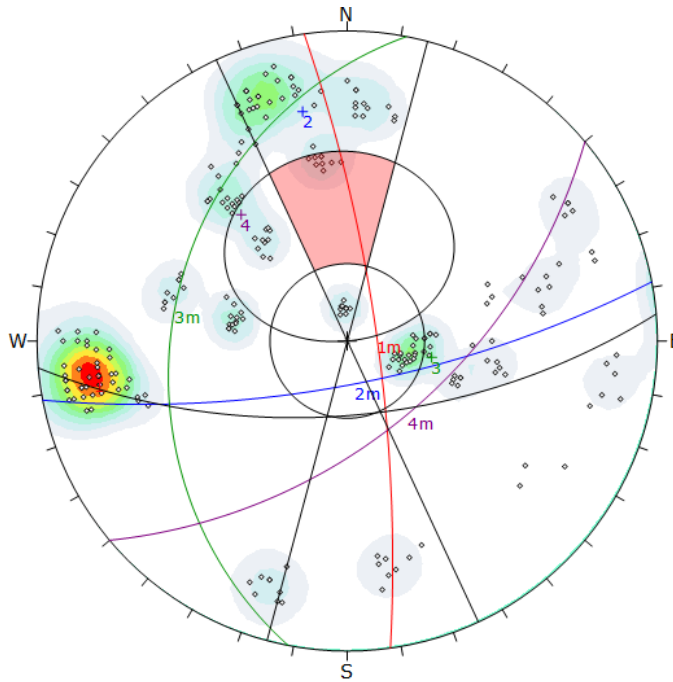
Maximum Density	46.86%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis		Flexural Topppling	
Slope Dip	63		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	29°		
Lateral Limits	20°		
		Critical	Total
Flexural Topppling (All)	0	30	0.00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	30 (30 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Zona Geomecánica 3

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

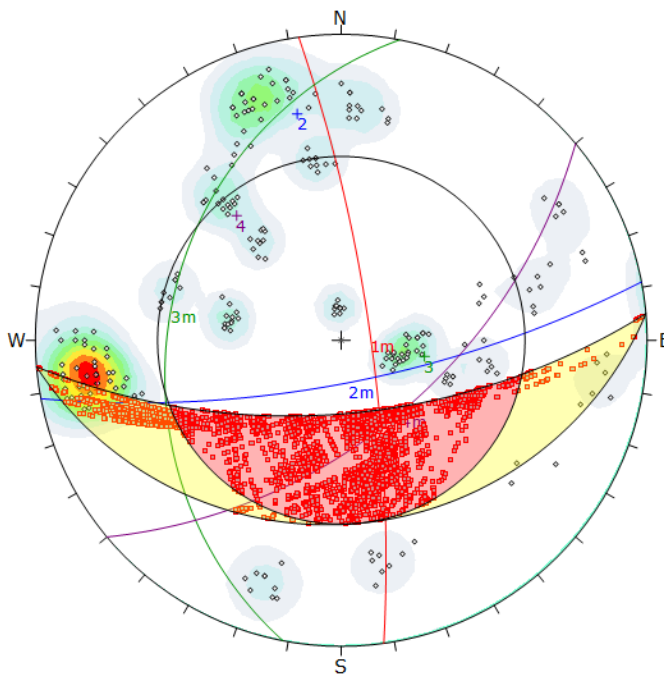
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.50
	1.50 - 3.00
	3.00 - 4.50
	4.50 - 6.00
	6.00 - 7.50
	7.50 - 9.00
	9.00 - 10.50
	10.50 - 12.00
	12.00 - 13.50
	13.50 - 15.00

Maximum Density	14.26%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis		Planar Sliding		
Slope Dip	63			
Slope Dip Direction	175			
Friction Angle	28°			
Lateral Limits	20°			
		Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	9	240	3.75%	
Planar Sliding (Set 2)	9	50	18.00%	

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	79	82	1
2m	74	169	2
3m	31	281	3
4m	56	140	4

Rotura en cuña: Las Familias 1-4 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
+	Critical Intersection

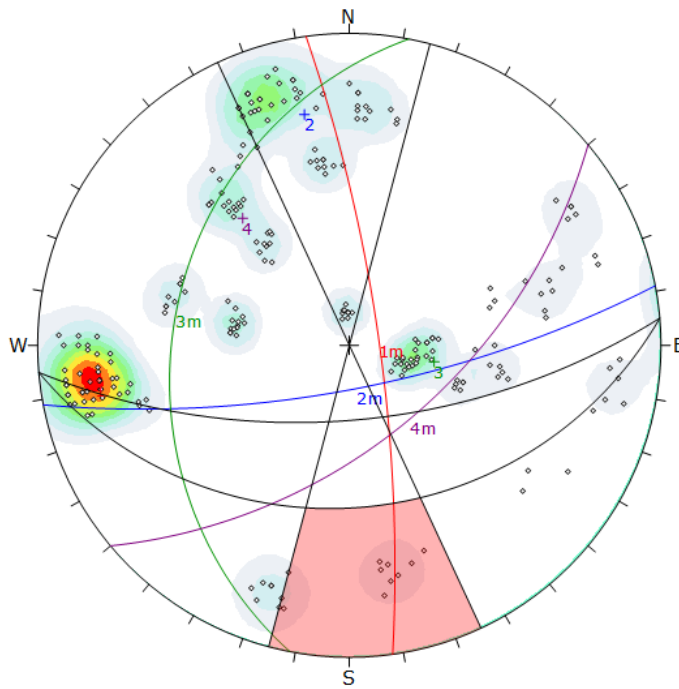
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.50
	1.50 - 3.00
	3.00 - 4.50
	4.50 - 6.00
	6.00 - 7.50
	7.50 - 9.00
	9.00 - 10.50
	10.50 - 12.00
	12.00 - 13.50
	13.50 - 15.00

Maximum Density	14.26%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis		Wedge Sliding		
Slope Dip	63			
Slope Dip Direction	175			
Friction Angle	28°			
		Critical	Total	%
Wedge Sliding	4741	28639	16.55%	

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	79	82	1
2m	74	169	2
3m	31	281	3
4m	56	140	4

Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
Lightest Green	0.00 - 1.50
Light Green	1.50 - 3.00
Green	3.00 - 4.50
Yellow-Green	4.50 - 6.00
Yellow	6.00 - 7.50
Orange	7.50 - 9.00
Red-Orange	9.00 - 10.50
Red	10.50 - 12.00
Dark Red	12.00 - 13.50
Black	13.50 - 15.00

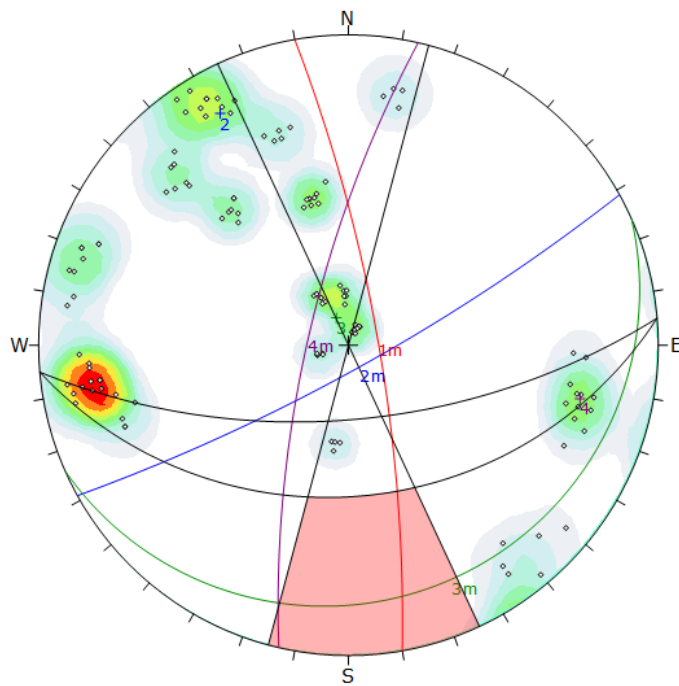
Maximum Density	14.26%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis		Flexural Toppling			
Slope Dip	63				
Slope Dip Direction	175				
Friction Angle	28°				
Lateral Limits	20°				
		Critical	Total	%	
		Flexural Toppling (All)	12	240	5.00%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes				
1m	Red	79	62	1
2m	Blue	74	169	2
3m	Green	31	281	3
4m	Purple	56	140	4

Zona Geomecánica 4

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature
◊	Pole Vectors

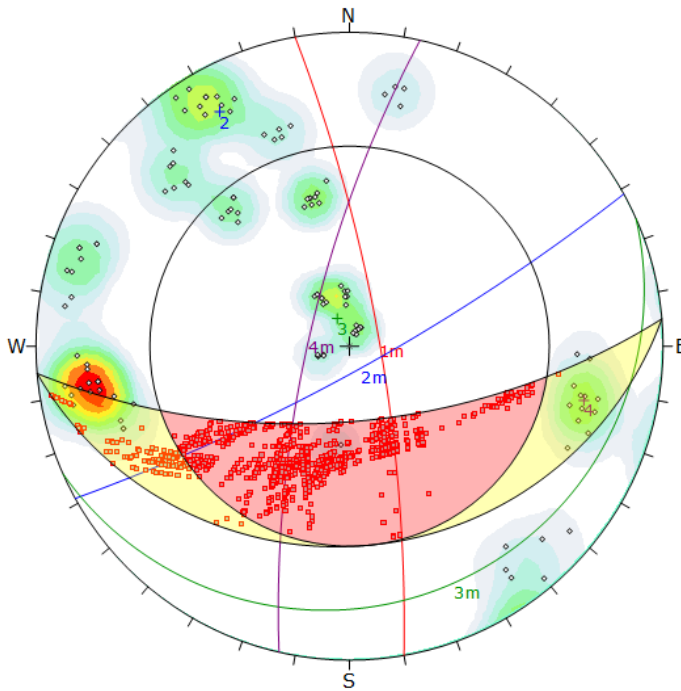
Color	Density Concentrations
Lightest Green	0.00 - 1.30
Light Green	1.30 - 2.60
Green	2.60 - 3.90
Yellow-Green	3.90 - 5.20
Yellow	5.20 - 6.50
Orange	6.50 - 7.80
Red-Orange	7.80 - 9.10
Red	9.10 - 10.40
Dark Red	10.40 - 11.70
Black	11.70 - 13.00

Maximum Density	12.58%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis		Flexural Toppling			
Slope Dip	63				
Slope Dip Direction	175				
Friction Angle	25°				
Lateral Limits	20°				
		Critical	Total	%	
		Flexural Toppling (All)	0	120	0.00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	120 (120 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en cuña: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.30
	1.30 - 2.60
	2.60 - 3.90
	3.90 - 5.20
	5.20 - 6.50
	6.50 - 7.80
	7.80 - 9.10
	9.10 - 10.40
	10.40 - 11.70
	11.70 - 13.00

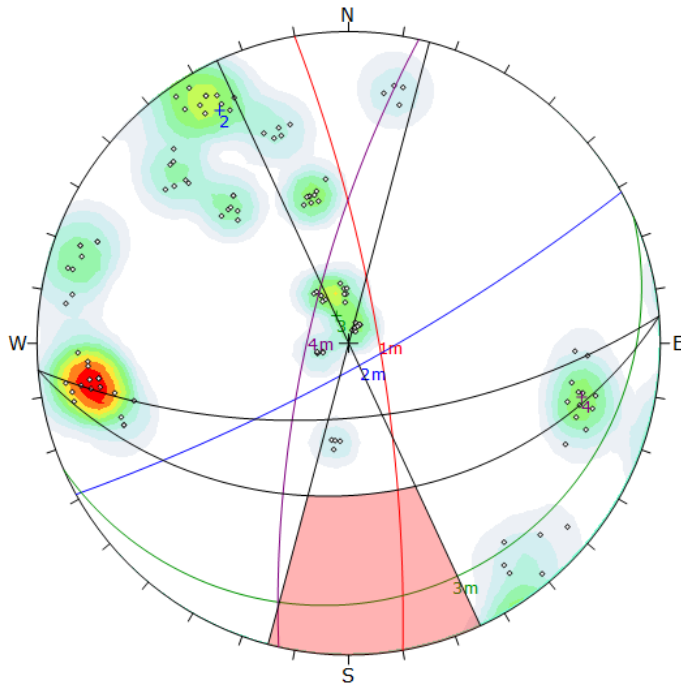
Maximum Density	12.58%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	
Wedge Sliding	
Slope Dip	63
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	25°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	1279	7127	17.95%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	120 (120 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	7127
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.30
	1.30 - 2.60
	2.60 - 3.90
	3.90 - 5.20
	5.20 - 6.50
	6.50 - 7.80
	7.80 - 9.10
	9.10 - 10.40
	10.40 - 11.70
	11.70 - 13.00

Maximum Density	12.58%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

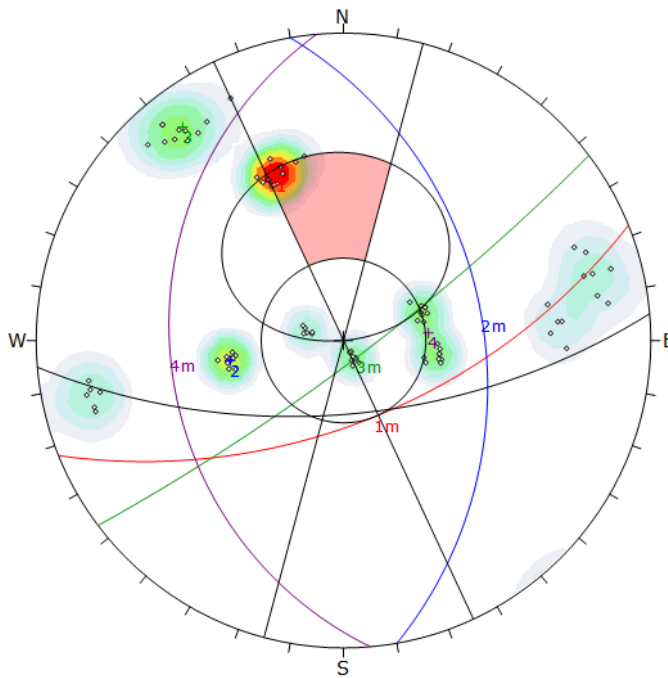
Kinematic Analysis	
Flexural Toppling	
Slope Dip	63
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	25°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	120	0.00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	120 (120 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

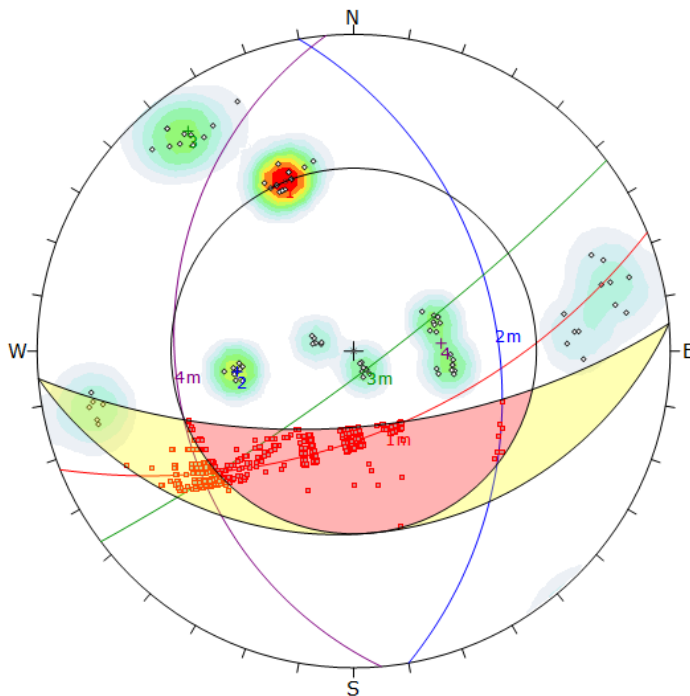
Zona Geomecánica 5

Rotura planar: La Familia 1 genera potencial rotura planar.



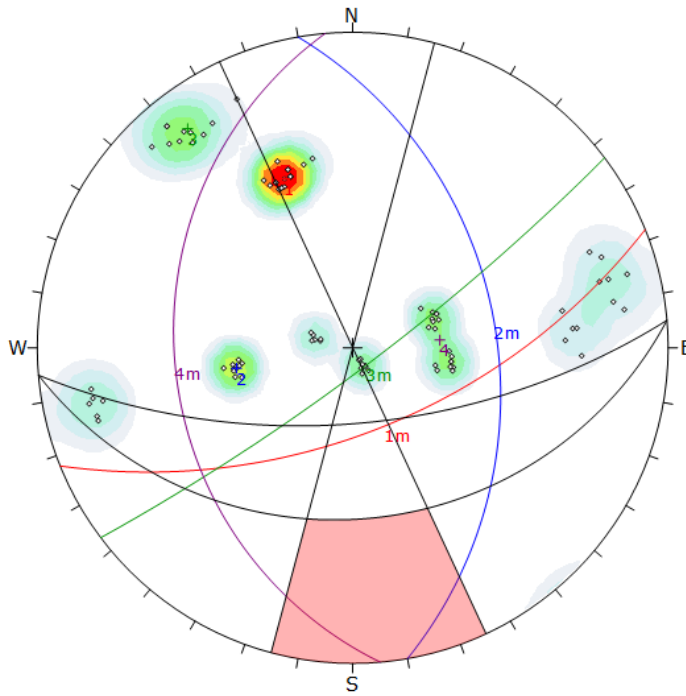
Symbol	Feature		
◊	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 1.80		
	1.80 - 3.60		
	3.60 - 5.40		
	5.40 - 7.20		
	7.20 - 9.00		
	9.00 - 10.80		
	10.80 - 12.60		
	12.60 - 14.40		
	14.40 - 16.20		
	16.20 - 18.00		
Maximum Density	17.96%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis Planar Sliding			
Slope Dip	63		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	14	90	15.56%
Planar Sliding (Set 1)	14	18	77.78%
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	90 (90 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Rotura en cuña: Las Familias 1-3 generan potenciales cuñas.



Symbol	Feature		
◊	Pole Vectors		
■	Critical Intersection		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 1.80		
	1.80 - 3.60		
	3.60 - 5.40		
	5.40 - 7.20		
	7.20 - 9.00		
	9.00 - 10.80		
	10.80 - 12.60		
	12.60 - 14.40		
	14.40 - 16.20		
	16.20 - 18.00		
Maximum Density	17.96%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Kinematic Analysis Wedge Sliding			
Slope Dip	63		
Slope Dip Direction	175		
Friction Angle	30°		
	Critical	Total	%
Wedge Sliding	867	3993	21.71%
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	90 (90 Entries)		
Intersection Mode	Grid Data Planes		
Intersections Count	3993		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

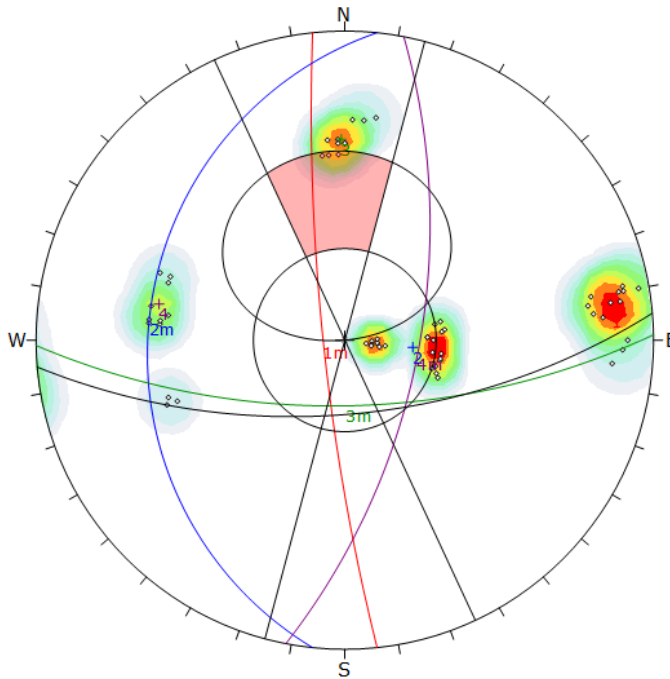
Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature								
o	Pole Vectors								
Color									
Density Concentrations									
	0.00 - 1.80								
	1.80 - 3.60								
	3.60 - 5.40								
	5.40 - 7.20								
	7.20 - 9.00								
	9.00 - 10.80								
	10.80 - 12.60								
	12.60 - 14.40								
	14.40 - 16.20								
	16.20 - 18.00								
Maximum Density	17.96%								
Contour Data	Pole Vectors								
Contour Distribution	Fisher								
Counting Circle Size	1.0%								
Kinematic Analysis									
Flexural Toggling									
Slope Dip	63								
Slope Dip Direction	175								
Friction Angle	30°								
Lateral Limits	20°								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Critical</th> <th>Total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Flexural Toggling (All)</td> <td>0</td> <td>90</td> <td>0.00%</td> </tr> </tbody> </table>		Critical	Total	%	Flexural Toggling (All)	0	90	0.00%
	Critical	Total	%						
Flexural Toggling (All)	0	90	0.00%						
Plot Mode	Pole Vectors								
Vector Count	90 (90 Entries)								
Hemisphere	Lower								
Projection	Equal Angle								

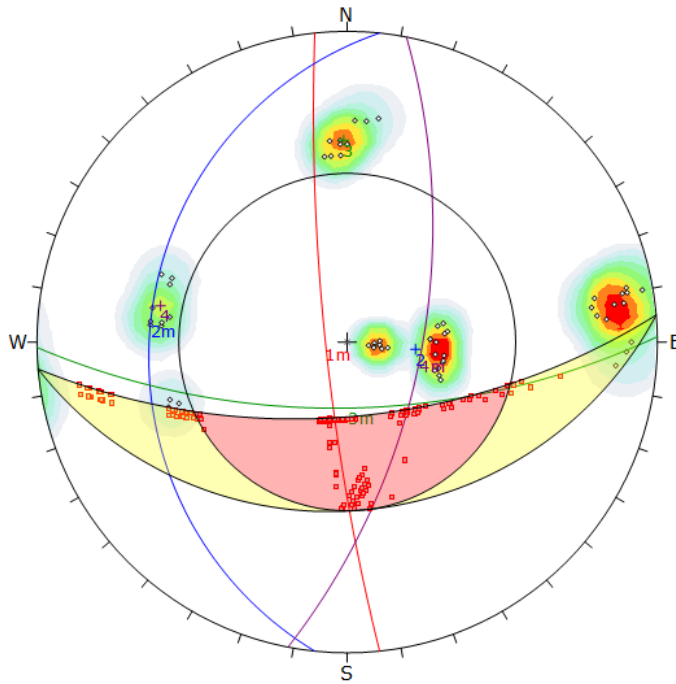
Zona Geomecánica 6

Rotura planar: No se genera.



Symbol	Feature												
o	Pole Vectors												
Color													
Density Concentrations													
	0.00 - 1.70												
	1.70 - 3.40												
	3.40 - 5.10												
	5.10 - 6.80												
	6.80 - 8.50												
	8.50 - 10.20												
	10.20 - 11.90												
	11.90 - 13.60												
	13.60 - 15.30												
	15.30 - 17.00												
Maximum Density	16.91%												
Contour Data	Pole Vectors												
Contour Distribution	Fisher												
Counting Circle Size	1.0%												
Kinematic Analysis													
Planar Sliding													
Slope Dip	63												
Slope Dip Direction	175												
Friction Angle	33°												
Lateral Limits	20°												
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Critical</th> <th>Total</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Planar Sliding (All)</td> <td>3</td> <td>60</td> <td>5.00%</td> </tr> <tr> <td>Planar Sliding (Set 3)</td> <td>3</td> <td>11</td> <td>27.27%</td> </tr> </tbody> </table>		Critical	Total	%	Planar Sliding (All)	3	60	5.00%	Planar Sliding (Set 3)	3	11	27.27%
	Critical	Total	%										
Planar Sliding (All)	3	60	5.00%										
Planar Sliding (Set 3)	3	11	27.27%										
Plot Mode	Pole Vectors												
Vector Count	60 (60 Entries)												
Hemisphere	Lower												
Projection	Equal Angle												

Rotura en cuña: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Intersection

Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.70
	1.70 - 3.40
	3.40 - 5.10
	5.10 - 6.80
	6.80 - 8.50
	8.50 - 10.20
	10.20 - 11.90
	11.90 - 13.60
	13.60 - 15.30
	15.30 - 17.00

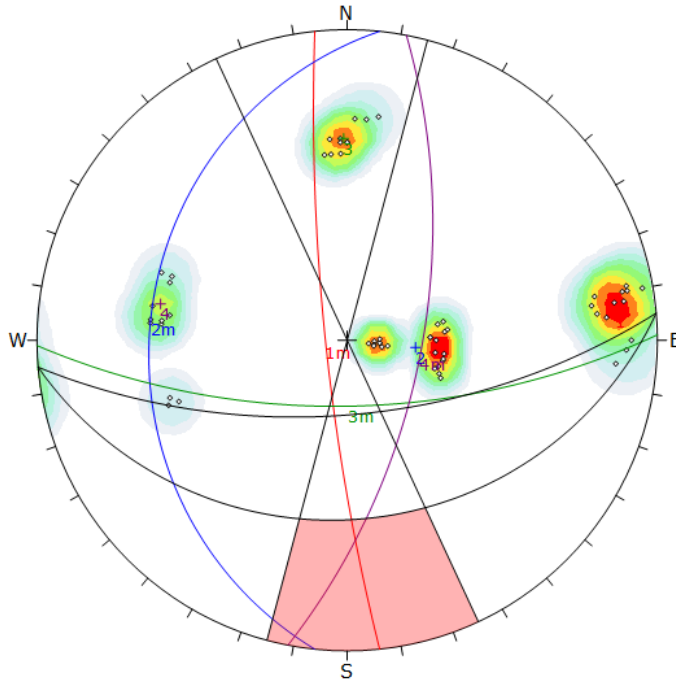
Maximum Density	16.91%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Wedge Sliding
Slope Dip	63
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	33°

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	191	1767	10.81%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	60 (60 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	1767
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Rotura en vuelco: No se genera.



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.70
	1.70 - 3.40
	3.40 - 5.10
	5.10 - 6.80
	6.80 - 8.50
	8.50 - 10.20
	10.20 - 11.90
	11.90 - 13.60
	13.60 - 15.30
	15.30 - 17.00

Maximum Density	16.91%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Kinematic Analysis	Flexural Toppling
Slope Dip	63
Slope Dip Direction	175
Friction Angle	33°
Lateral Limits	20°

	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	60	0.00%

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	60 (60 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

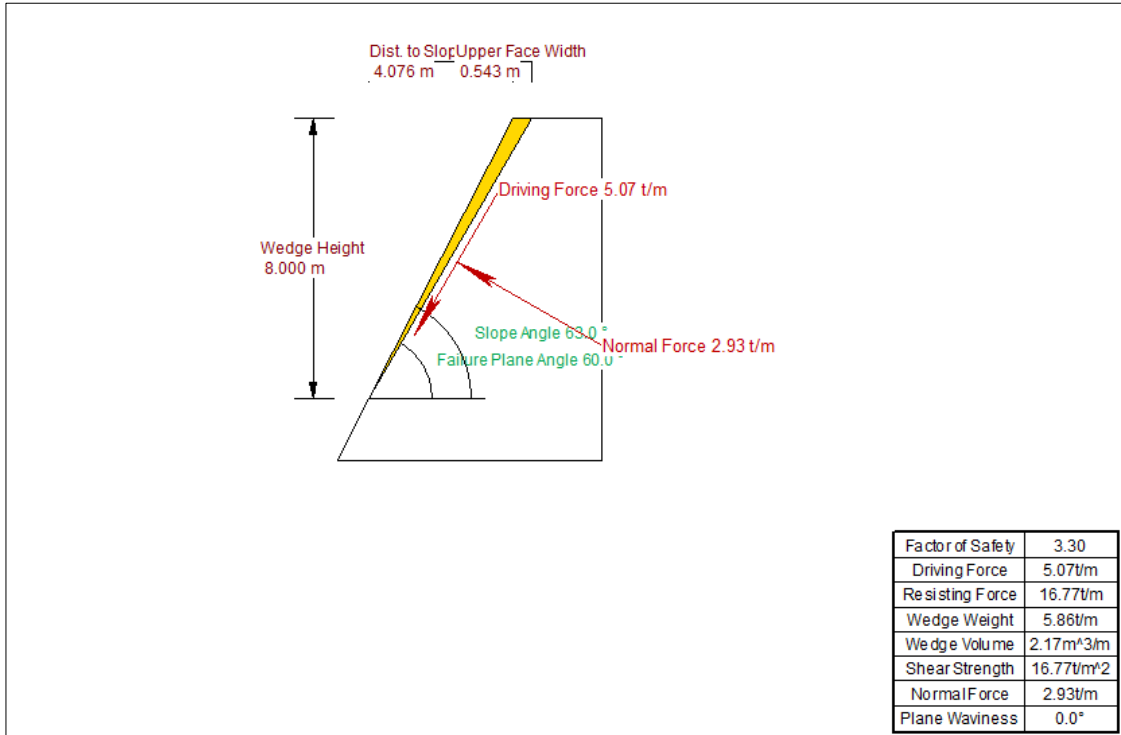
Anexo 8

Análisis de estabilidad

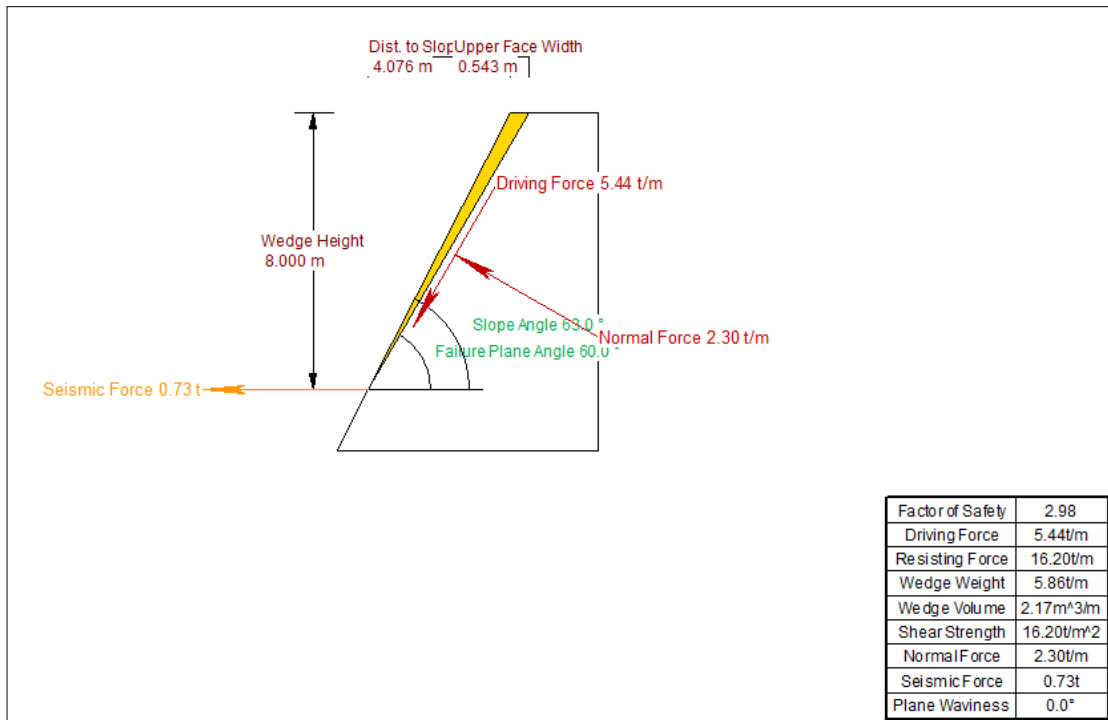
Estabilidad de roturas

Rotura planar

Zona Geomecánica 5 – Condición estática

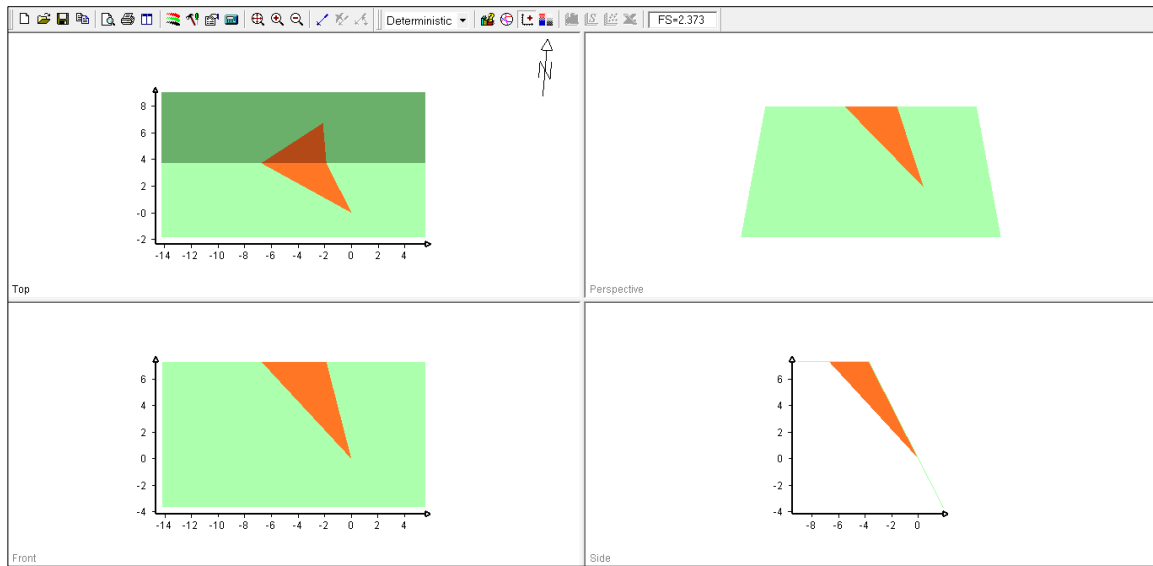


Zona Geomecánica 5 – Condición pseudo-estática

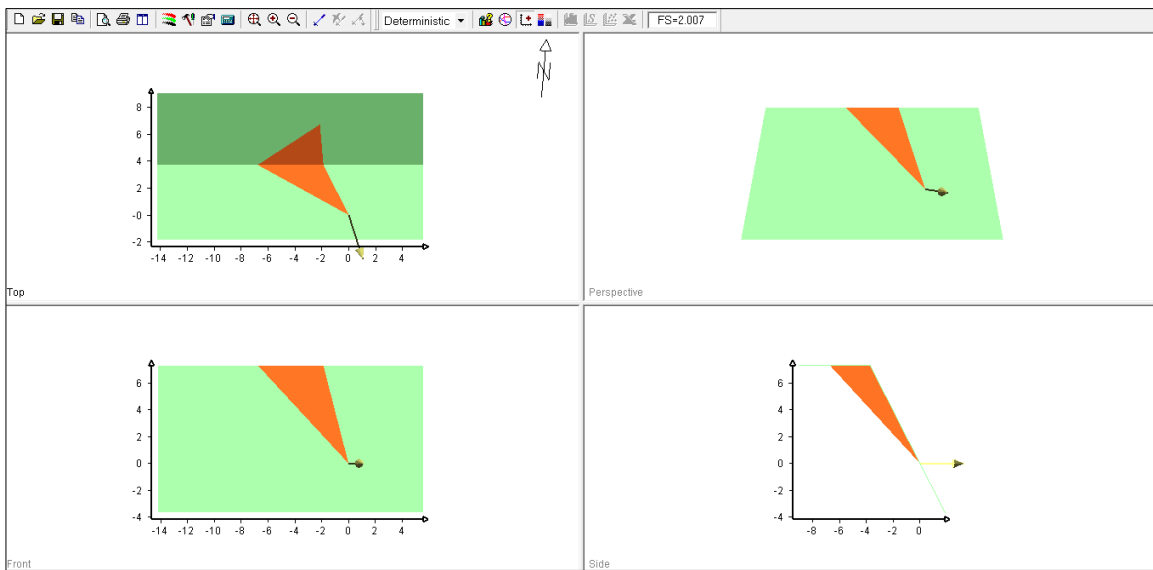


Rotura en cuña

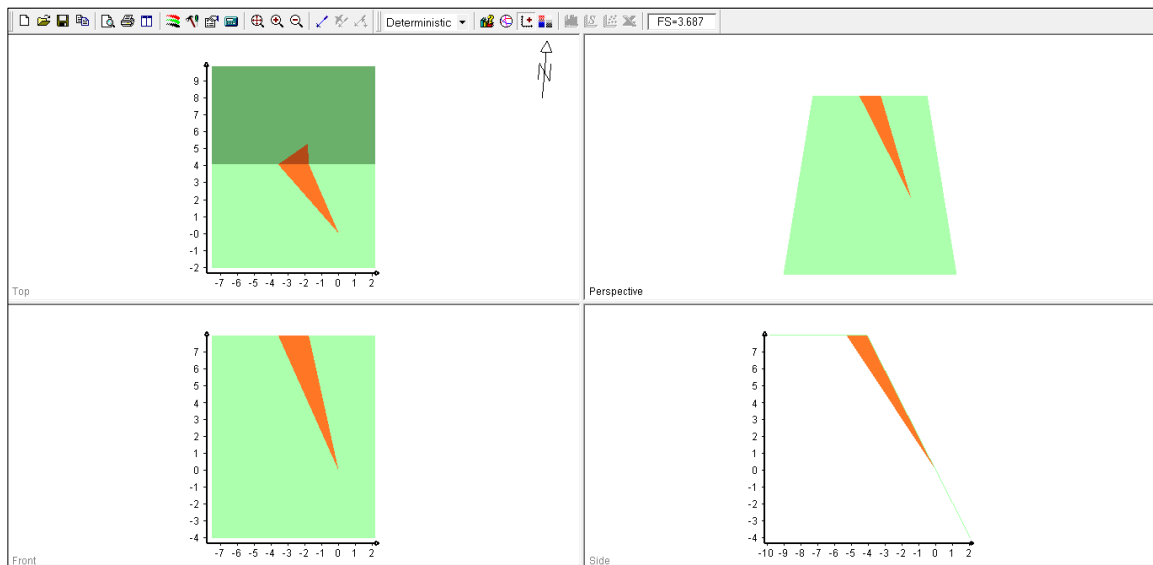
Zona Geomecánica 1 – Condición estática



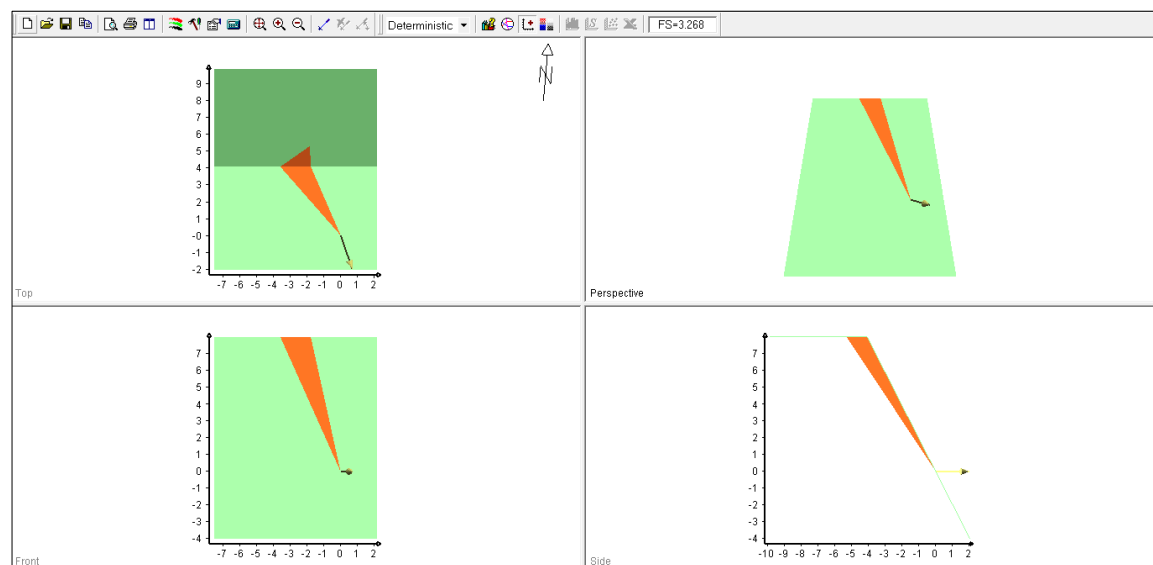
Zona Geomecánica 1 – Condición pseudo-estática



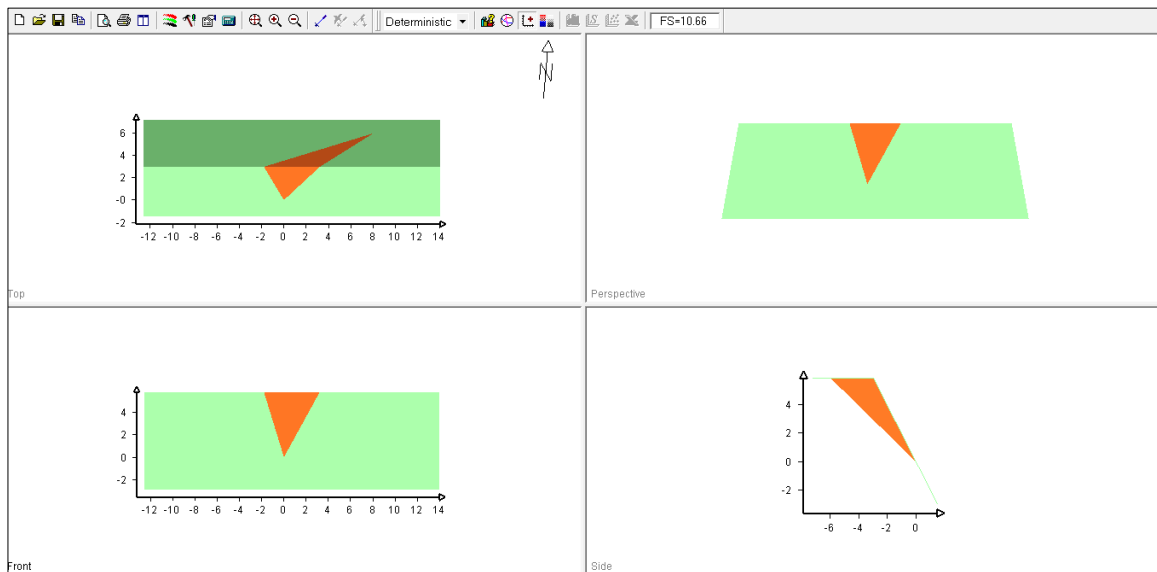
Zona Geomecánica 3 – Condición estática



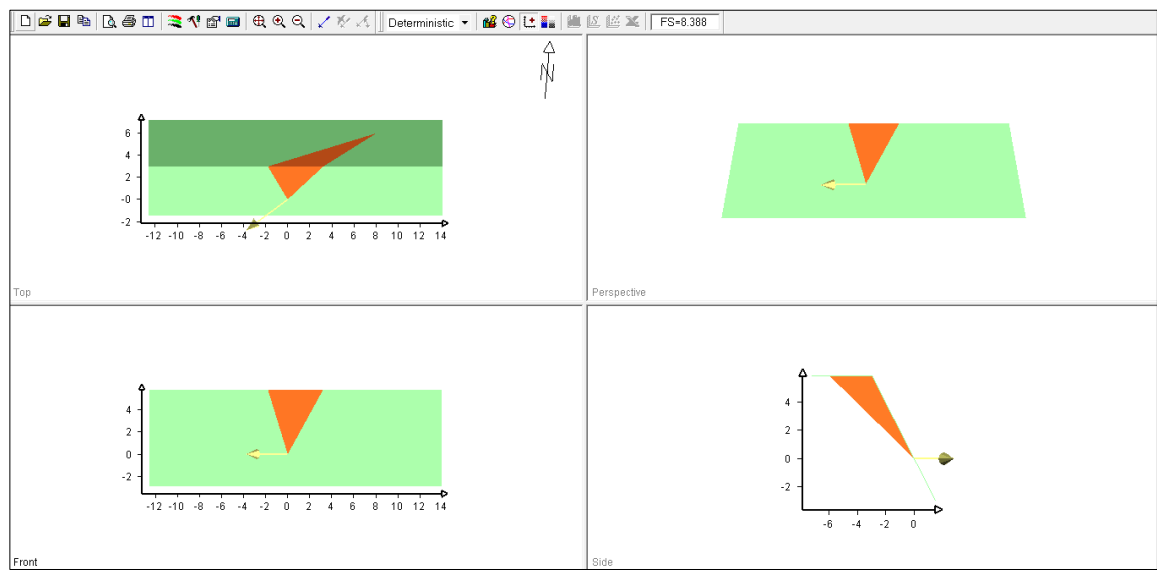
Zona Geomecánica 3 – Condición pseudo-estática



Zona Geomecánica 5 – Condición estática

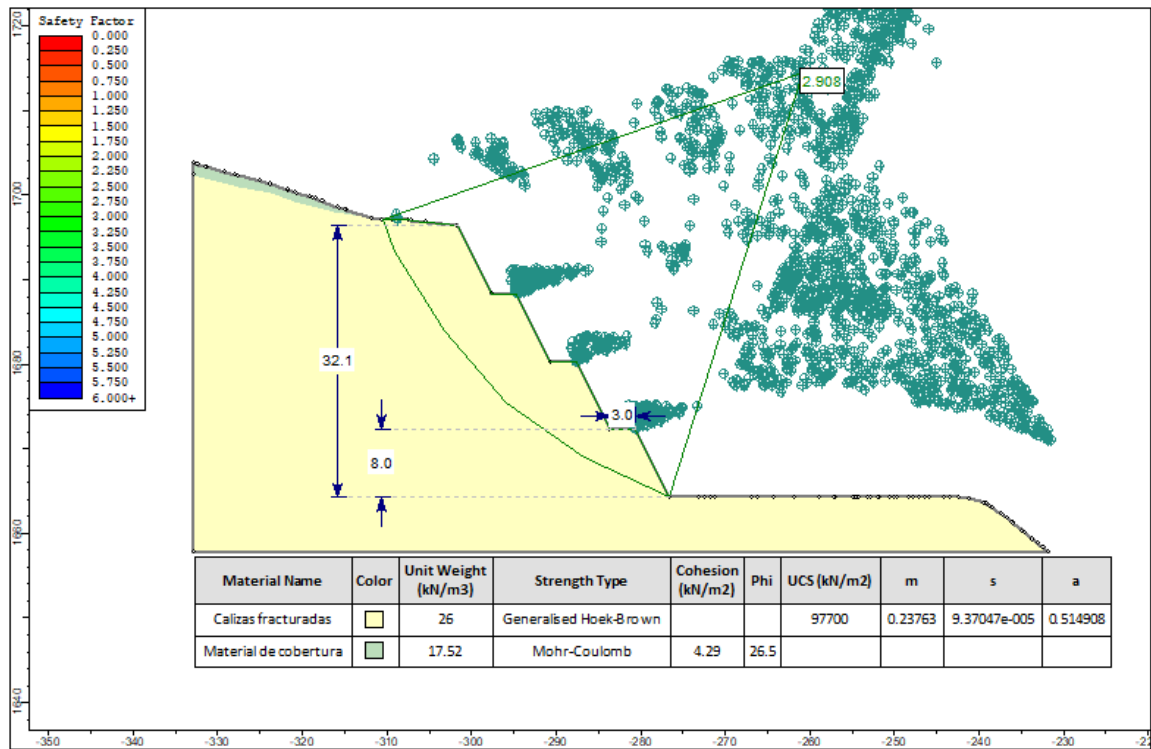


Zona Geomecánica 5 – Condición pseudo-estática

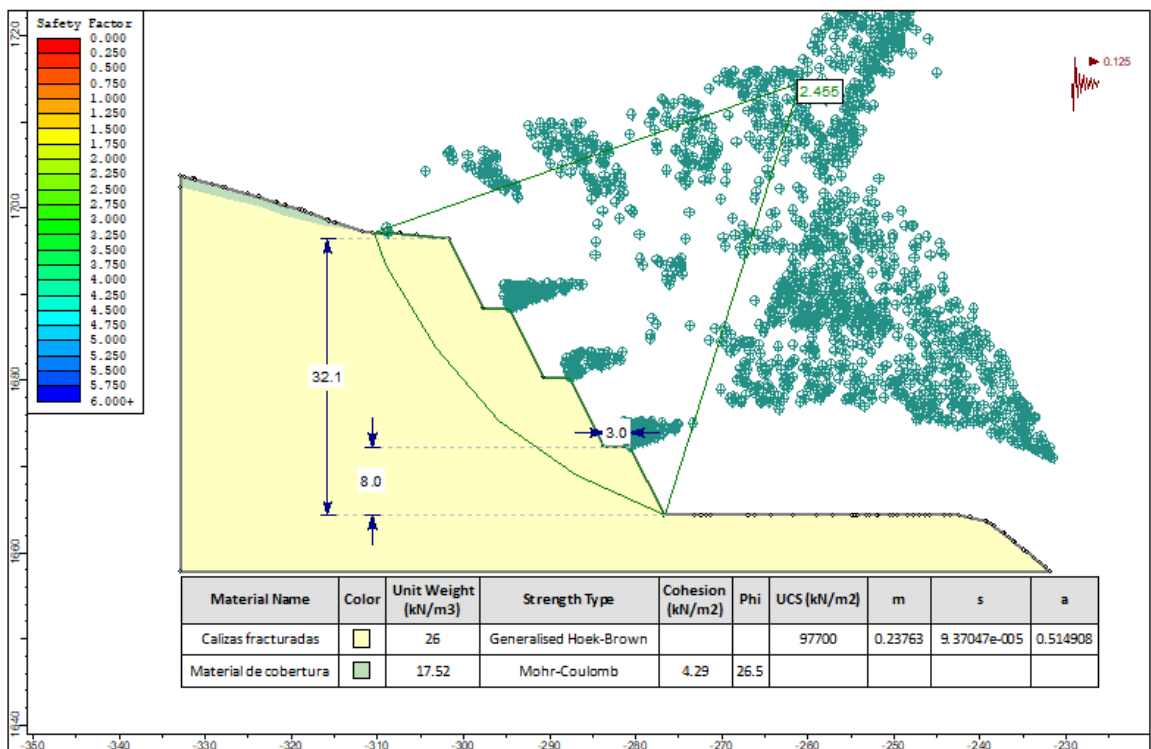


Estabilidad global

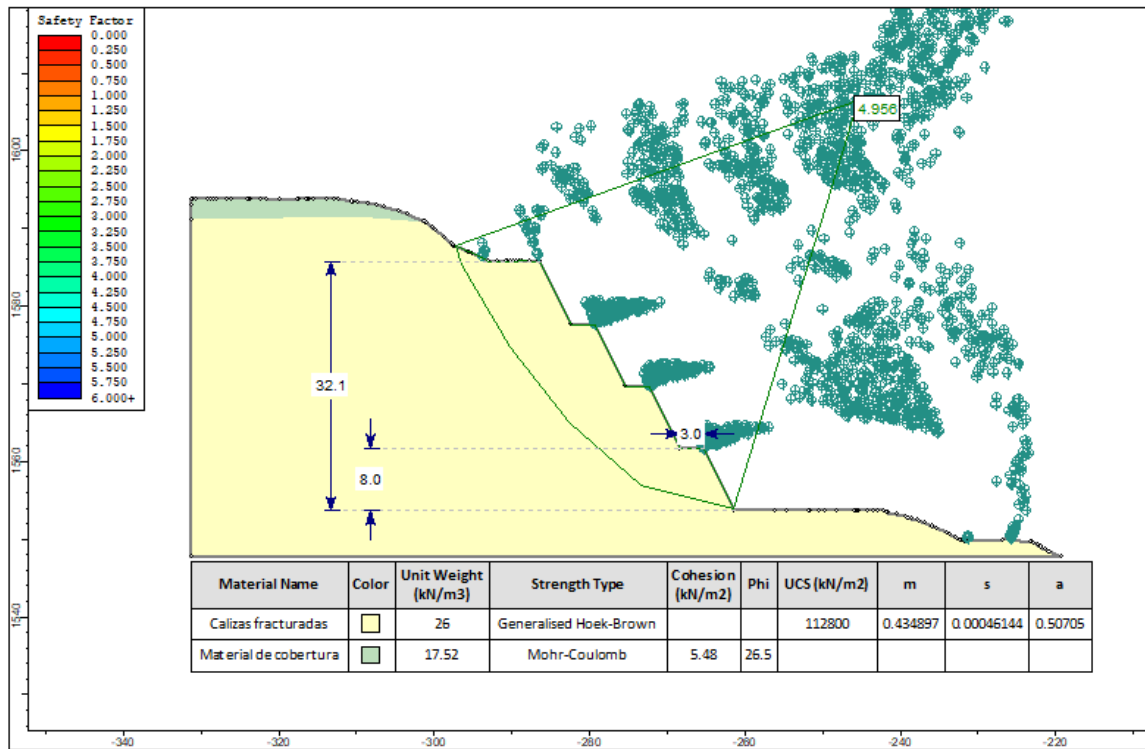
Zona Geomecánica 1 – Condición estática



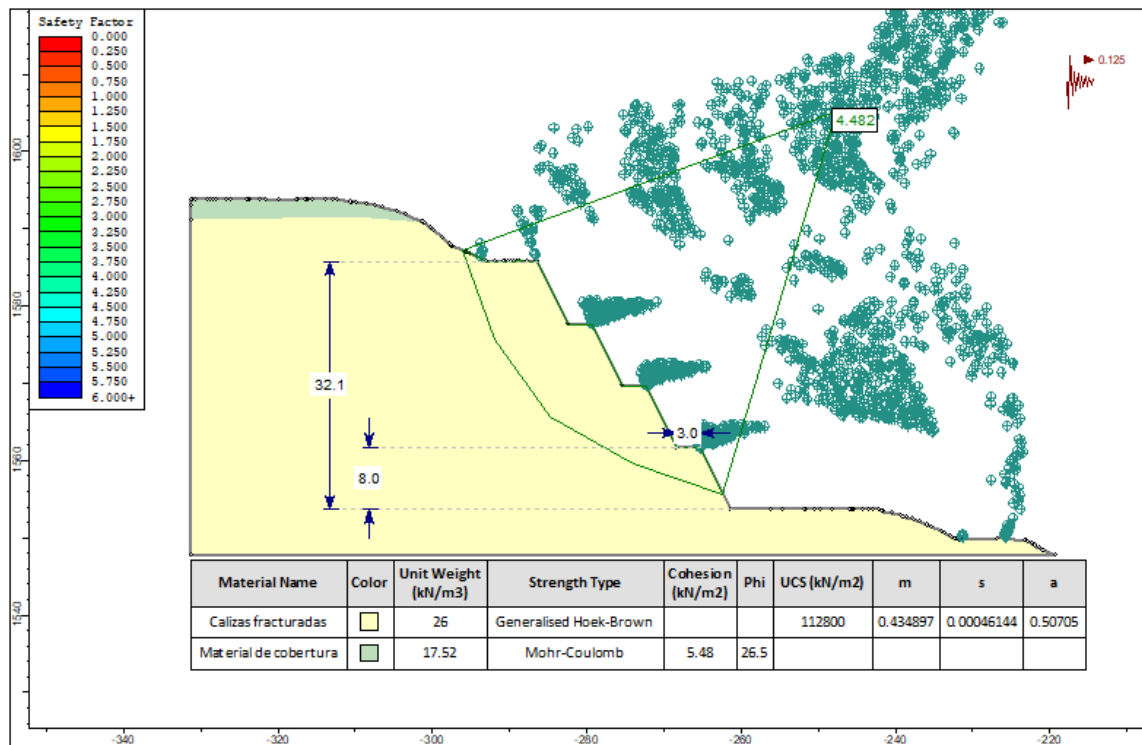
Zona Geomecánica 1 – Condición pseudo-estática



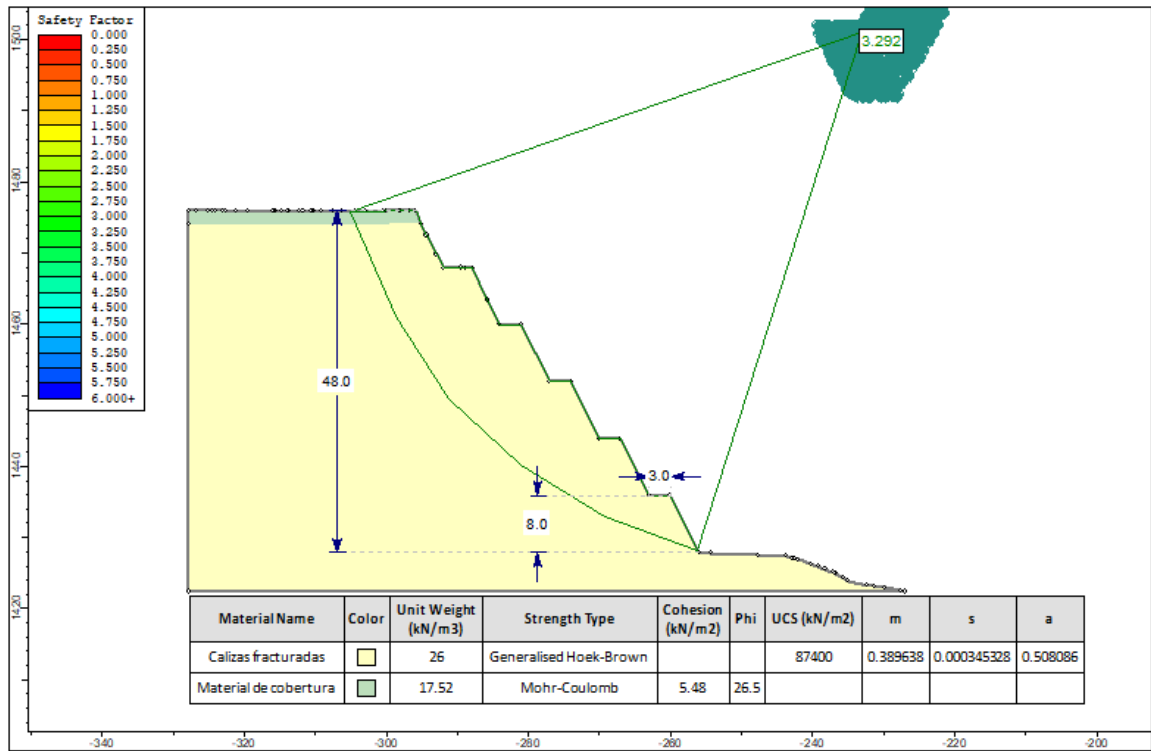
Zona Geomecánica 2 – Condición estática



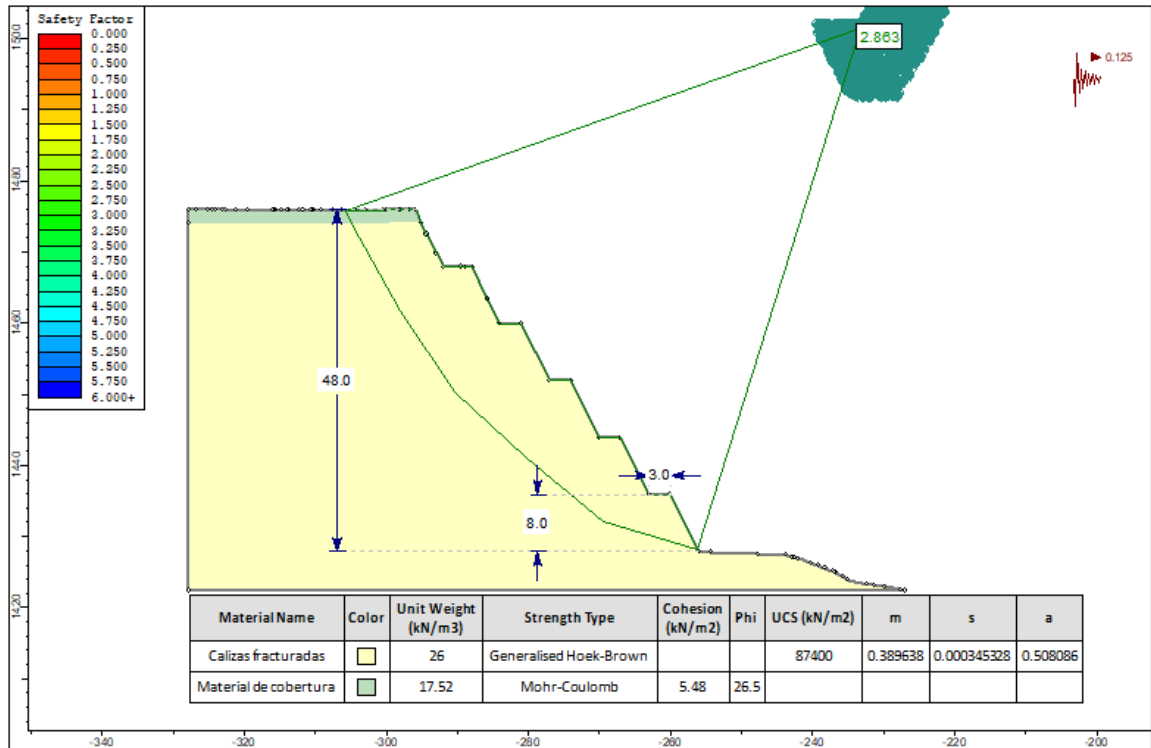
Zona Geomecánica 2 – Condición pseudo-estática



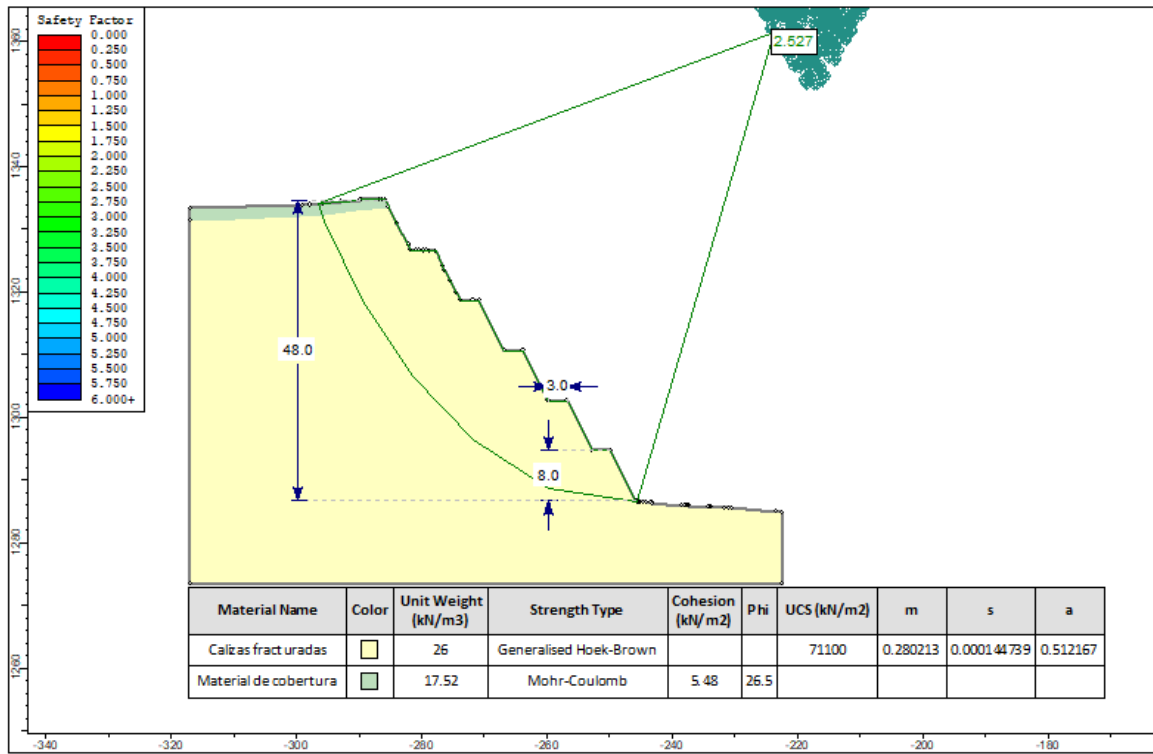
Zona Geomecánica 3 – Condición estática



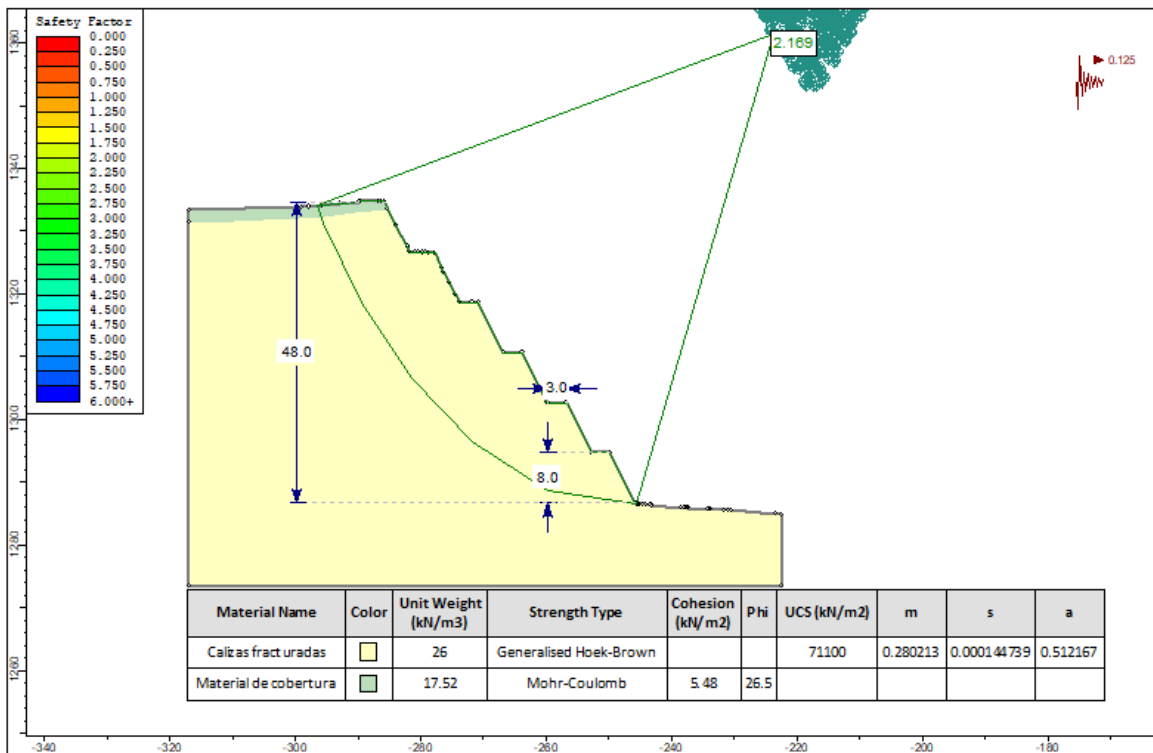
Zona Geomecánica 3 – Condición pseudo-estática



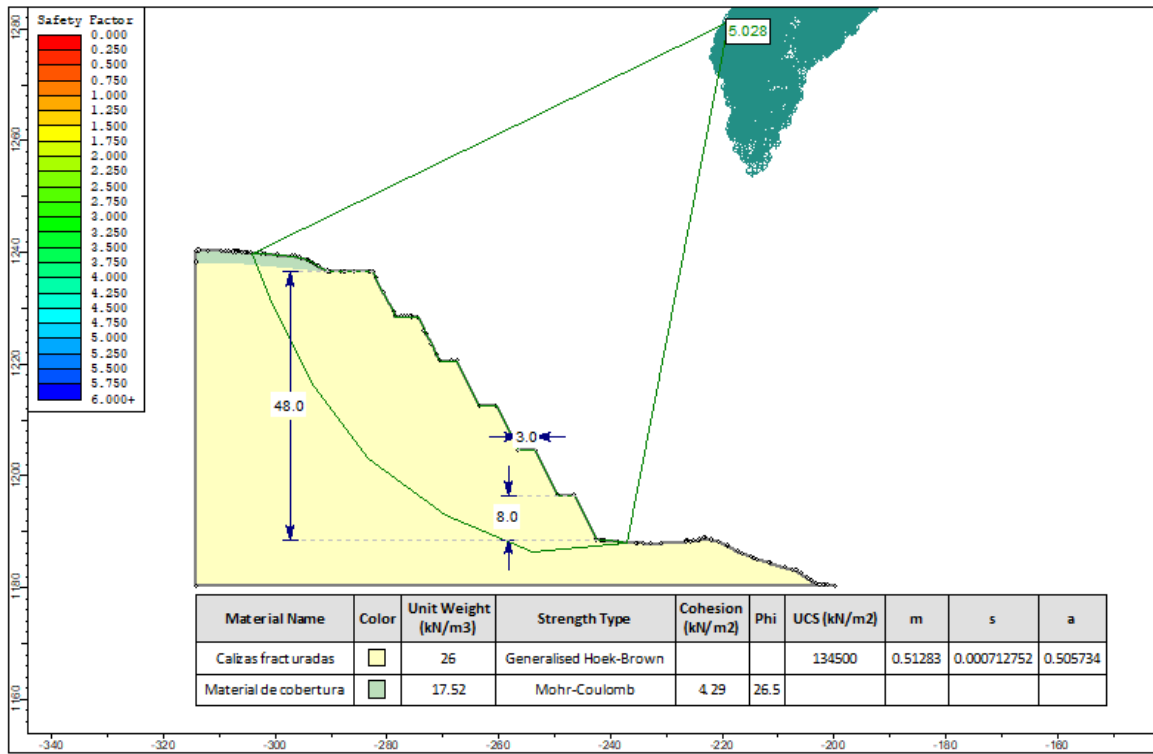
Zona Geomecánica 4 – Condición estática



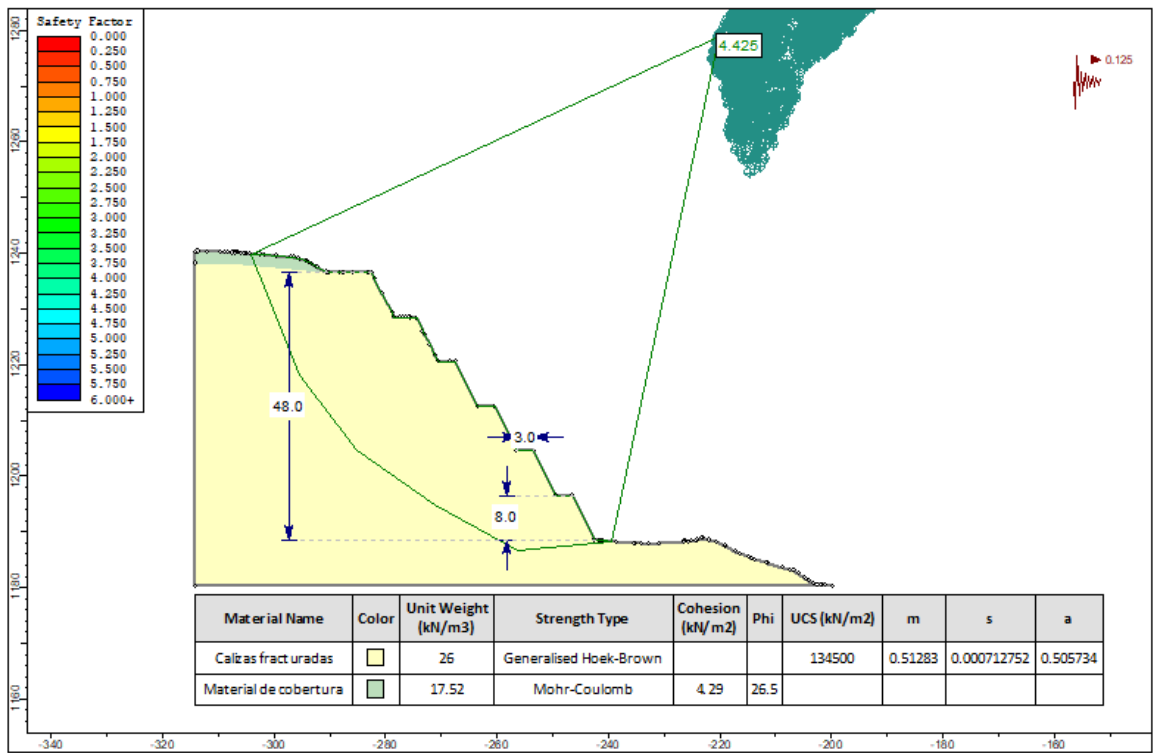
Zona Geomecánica 4 – Condición pseudo-estática



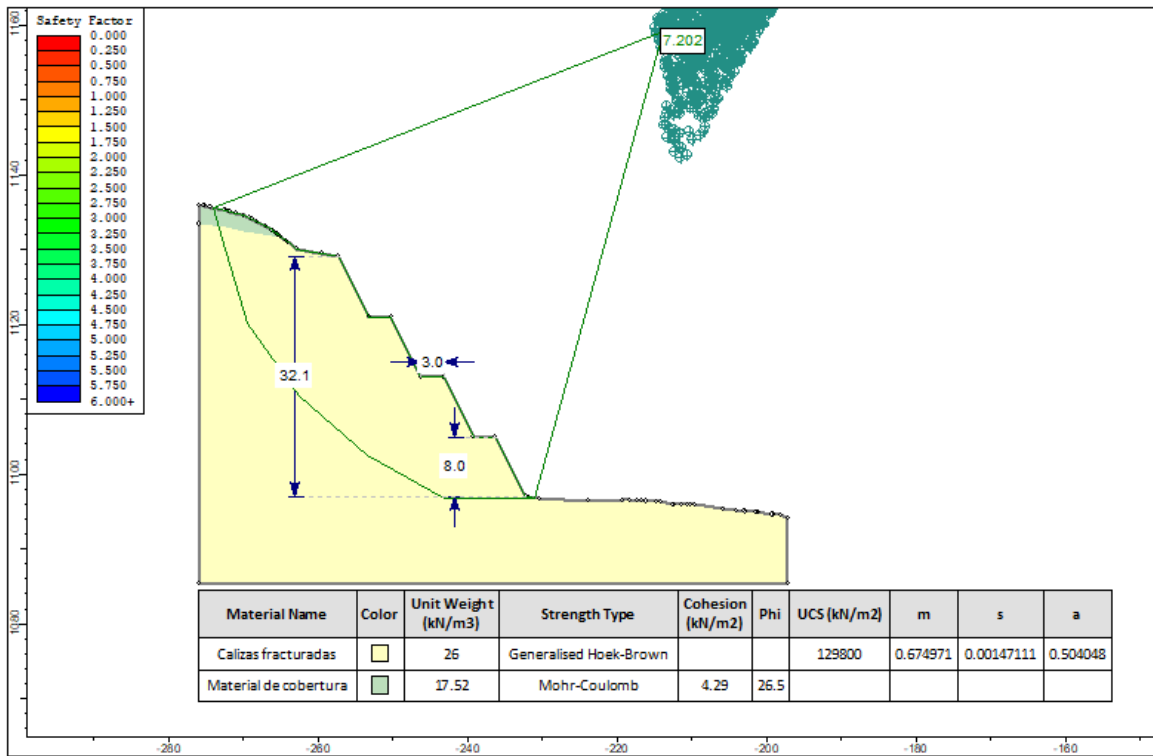
Zona Geomecánica 5 – Condición estática



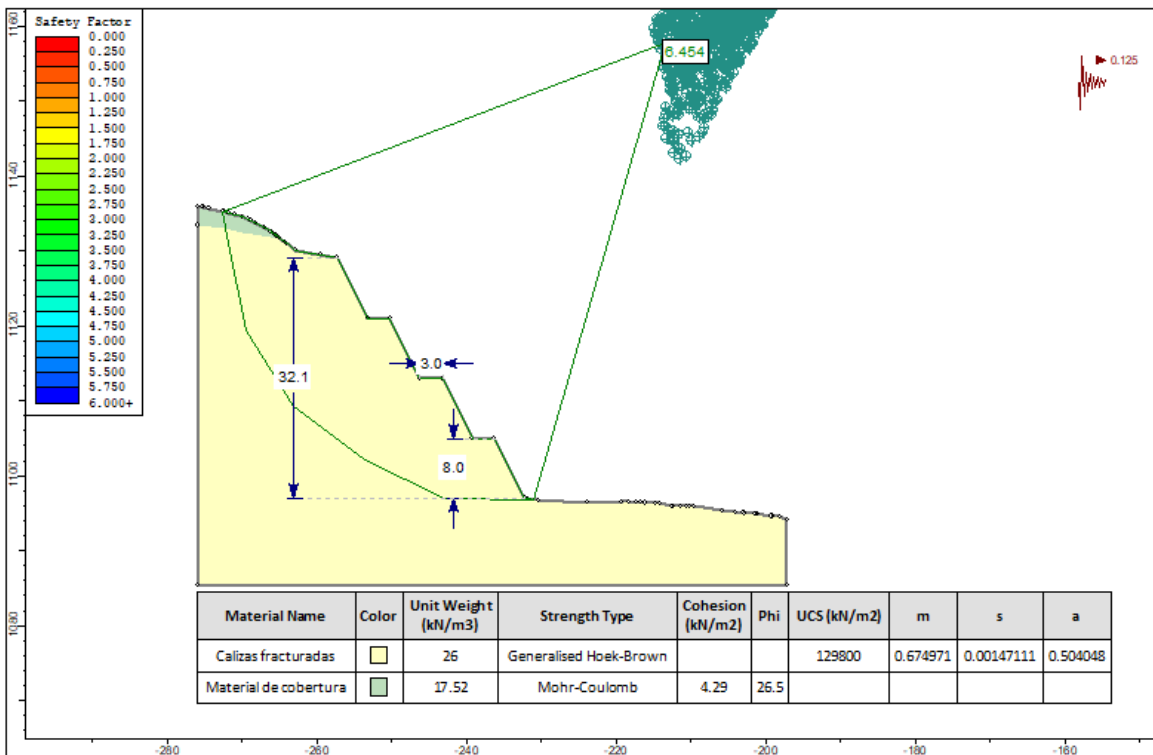
Zona Geomecánica 5 – Condición pseudo-estática



Zona Geomecánica 6 – Condición estática

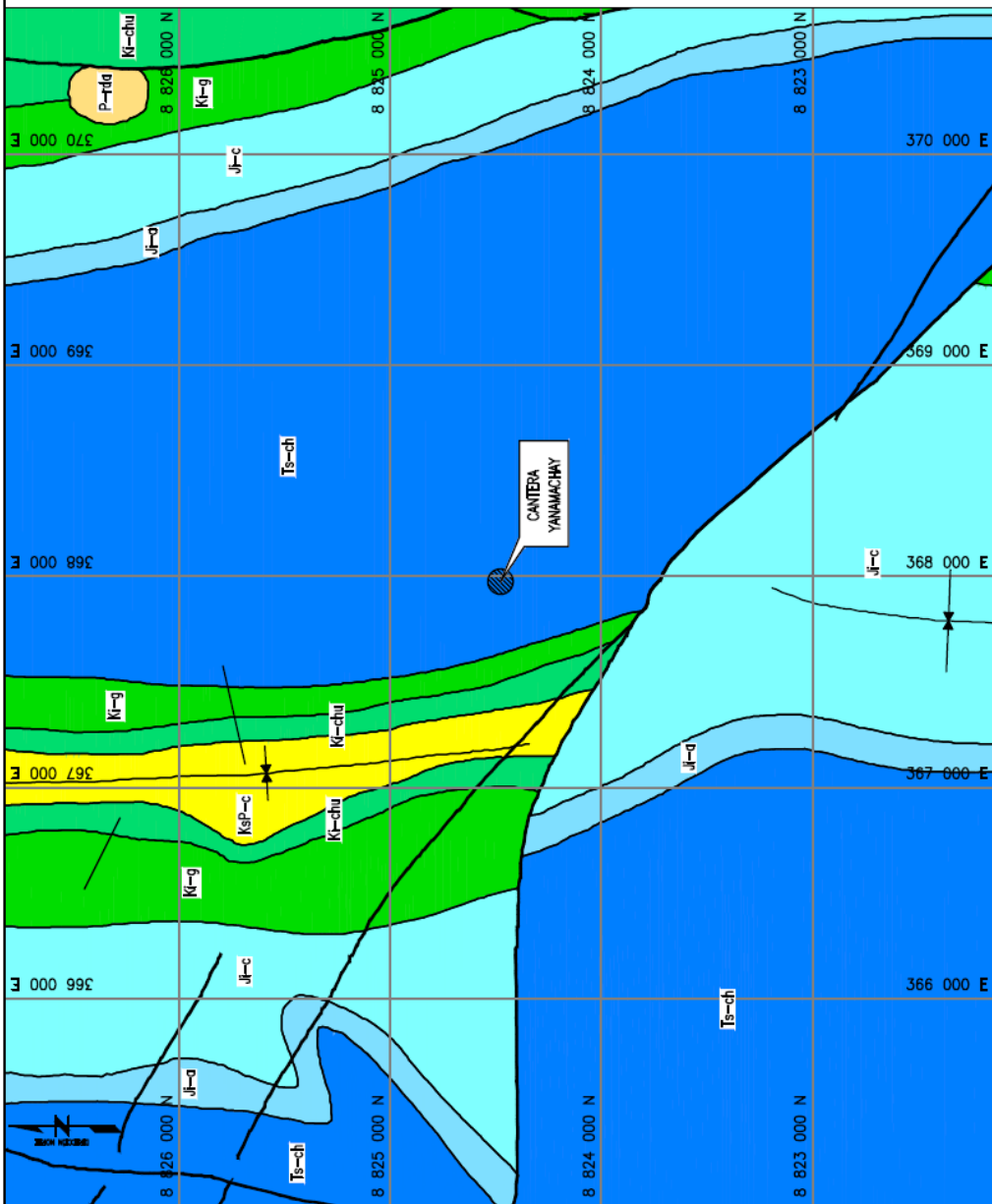


Zona Geomecánica 6 – Condición pseudo-estática



Anexo 9

Planos



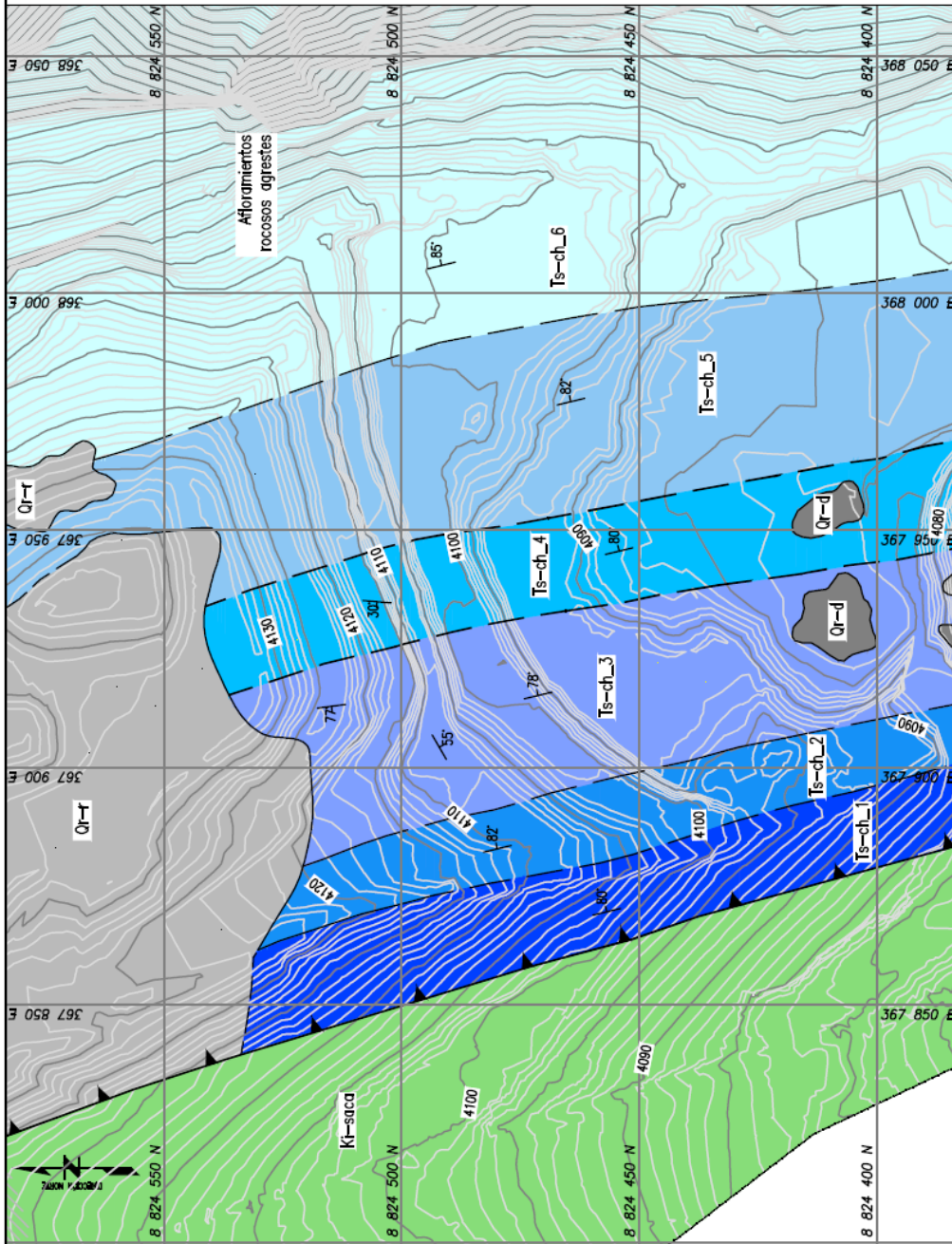
SIMBOLOGÍA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS
	FALLA TECTÓNICA REGIONAL
	SINCLINAL
	CONTACTO GEOLÓGICO

MESOZOICO		
ERA SIST.	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS
CRETÁCICO	SUPERIOR	Formación Casapalca (Kp-c)
	INFERIOR	Formación Chilic (Kp-ch)
JURÁSICO	INFERIOR	Grupo Coyllarizaga (Kp-g)
	SUPERIOR	Formación Corderalaga (Kp-c)
TRIASICO	INFERIOR	Formación Aramachay (Kp-a)
	SUPERIOR	Formación Chantabí (Kp-ch)
		ROCA INTRUSIVA
		Robulita (P-rtd)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA
 Tesis: Caracterización geológica y geomecánica de la cámara Yanamachay, para la construcción del campamento de la Unidad de Producción El Ponventi - Pasco
 Autor: José Alberto Ayala Coronado
 Fecha: Julio, 2023

Escala: 1:35.000
 Plano: 01



SIMBOLOGIA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	ESTRUCTURAS LINEALES: RUMBO Y BUZ
	DIQUES Y ESTRATOS
	ESTRUCTURAS MAYORES: FALLA
	TÉCNICA REGIONAL
	FALLA INVERSA
	CONTACTO GEOLÓGICO

LEYENDA	
UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	DESCRIPCIÓN
Qr-d	Dep. de derrame: Gravas, bloques sueltos
Qr-t	Dep. residuales: Gravas, muchiz grano-granillo
Ki-saca	Fm. Santa-Carhuaz: Areniscas, limolitas, calizas
Ts-ch-6	Und. 6: Calizas en estratos medios a gruesos
Ts-ch-5	Und. 5: Calizas en estr. medios a gruesos, alto desarrollo
Ts-ch-4	Und. 4: Calizas limitadas por fallas tectónicas regionales conformada por blo de falla
Ts-ch-3	Und. 3: Calizas beige a gris, muy a mod. fracturadas
Ts-ch-2	Und. 2: Calizas beige, masivas, por partes fracturadas
Ts-ch-1	Und. 1: Calizas beige, estratos medios a gruesos

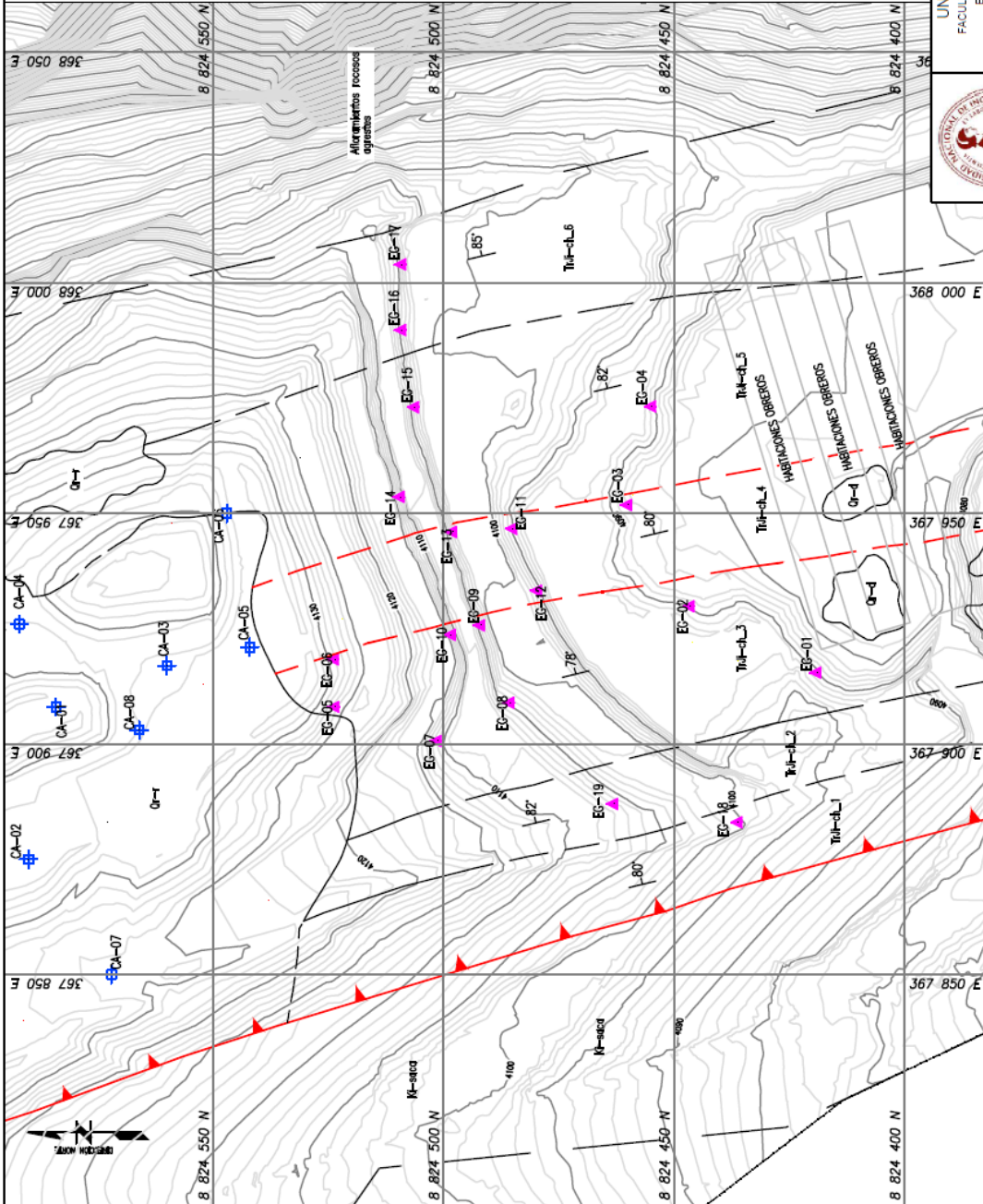


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERIA Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA
 Tesis: "Caracterización geológica y geomecánica de la cantera Yanamachay, para la construcción del campamento de la Unidad de Producción El Ponvenir - Pasco"
 Autor: José Alberto Ayala Coronado
 Fecha: Geología local
 Cantera Yanamachay

Escala: 1:1.500
 Páscin:

02

Fecha: Julio, 2023



SIMBOLOGÍA	
SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RUMBO Y BUZAMIENTO DE ESTRATOS
	FALLA INVERSA
	CONTACTO GEOLÓGICO
	FALLA TECTÓNICA REGIONAL
	CALICHA
	ESTACIONES GEOMECÁNICAS

Calicata	Coordenadas UTM WGS-84		Profundidad (m.)	Elevación (m.s.n.m.)
	Este	Norte		
G-01	367 908	8 824 584	0.80	4 138.00
G-02	367 875	8 824 590	1.80	4 138.00
G-03	367 917	8 824 560	1.60	4 132.00
G-04	367 926	8 824 592	3.00	4 134.00
G-05	367 921	8 824 542	0.70	4 132.00
G-06	367 950	8 824 547	0.30	4 133.00
G-07	367 850	8 824 572	1.80	4 126.00
G-08	367 903	8 824 566	2.50	4 133.00

Estacion geomecanica	Coordenadas UTM WGS-84		Elevación (m.s.n.m.)
	Este	Norte	
EG-01	367 915	8 824 419	4 090.00
EG-02	367 930	8 824 446	4 090.00
EG-03	367 962	8 824 460	4 088.00
EG-04	367 973	8 824 455	4 091.00
EG-05	367 968	8 824 523	4 128.00
EG-06	367 918	8 824 523	4 128.00
EG-07	367 901	8 824 501	4 111.00
EG-08	367 909	8 824 485	4 104.00
EG-09	367 926	8 824 492	4 103.00
EG-10	367 924	8 824 498	4 113.00
EG-11	367 947	8 824 485	4 095.00
EG-12	367 933	8 824 479	4 098.00
EG-13	367 946	8 824 498	4 103.00
EG-14	367 953	8 824 509	4 112.00
EG-15	367 973	8 824 506	4 104.00
EG-16	367 880	8 824 509	4 104.00
EG-17	368 004	8 824 509	4 103.00
EG-18	367 883	8 824 436	4 100.00
EG-19	367 887	8 824 463	4 107.00



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA

03

Tem: "Caracterización geológica y geomecánica de la cantera Yananachay, para la construcción del campamento de la Unidad de Producción El Porvenir - Pasco"
 Autor: José Alberto Ayala Corroza
 Fecha: Julio, 2023

Investigaciones geológicas
 Cantera Yananachay