

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Facultad de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia

Escuela Profesional de Ingeniería Geológica – Geotecnia

METODOLOGÍAS DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA EN EL CONTROL
DE DAÑO AL TALUD POR VOLADURA EN LA MINA
TOQUEPALA – TACNA

TESIS

Presentada por:

Bach. ANDREA ORIETTA BEDOYA BACIGALUPO

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO – GEOTÉCNICO

TACNA – PERÚ

2023

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
Faculta de Ingeniería Civil, Arquitectura y Geotecnia
Escuela Profesional de Ingeniería Geológica-Geotecnia

HOJA DE JURADO


TESIS

“METODOLOGÍAS DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA EN EL CONTROL
DE DAÑO AL TALUD POR VOLADURA EN LA MINA TOQUEPALA -
TACNA”

Presentado por la bachiller Andrea Orietta Bedoya Bacigalupo
Para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo-Geotécnico

Tesis sustentada y aprobada el 20 de octubre del 2023 (RF N°637-23-FIG/UNJBG)
con el siguiente jurado:

Presidente

: 
MSc. Ing. CONRADO GABINO BEDOYA JAÉN

Miembro – Secretario

: 
M.Sc. Ing. GINA MACKLINA CHAMBI TAPAHUASCO

Miembro

: 
Ing. JONATHAN FARAZ DAWIS ZAVALTA CURASI

Asesor de Tesis

: 
Ing. HISMAEL TIBURCIO RODRÍGUEZ ILLACHURA

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo HISMAEL TIBURCIO RODRIGUEZ ILLACHURA en mi condición de asesor acreditado por la Resolución de Facultad N° 029-2021-FIAG/UNJBG (y ampliación de plazo Resolución de Facultad N° 029-2022-FIAG/UNJBG) de la tesis titulado "METODOLOGÍAS DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA EN EL CONTROL DE DAÑO AL TALUD POR VOLADURA EN LA MINA TOQUEPALA-TACNA", Presentado por la Bachiller ANDREA ORIETTA BEDOYA BACIGALUPO para optar el título de Ingeniero Geólogo – Geotécnico.

Habiendo cumplido con lo establecido en el reglamento de originalidad y de similitud de trabajos de investigación y producción intelectual, considerando que según la revisión, evaluación y análisis realizado a través del software de similitud textual Antiplagio TURNITIN, cuenta con el nivel de similitud permitido cuyo porcentaje es 8 % Por lo que CERTIFICO LA SIMILARIDAD de la tesis METODOLOGÍAS DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA EN EL CONTROL DE DAÑO AL TALUD POR VOLADURA EN LA MINA TOQUEPALA-TACNA está de acuerdo al nivel PERMITIDO, para continuar con los trámites correspondientes y para su publicación en el repositorio Institucional.

Se emite el presente certificado con fines de continuar con los trámites respectivos para su obtención del título profesional.



Docente Asesor de Tesis
HISMAEL TIBURCIO RODRIGUEZ ILLACHURA
DNI N° 80027763



DEDICATORIA

A mis padres, Gustavo y Orietta por guiarme en el camino de la vida;
a mis hermanas, Antonella y Romina por estar siempre conmigo;
a mi esposo Luis Enrique e hijas Odette y Catalina, porque son mi alegría,
fortaleza y mis ganas de seguir adelante cada día, siendo un ejemplo de
perseverancia.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios porque está conmigo en cada paso que doy; a mis padres por educarme e inculcarme los valores que definen quien soy; a mi esposo por apoyarme en el proceso de esta investigación, aconsejarme y darme fuerza para continuar.

También agradezco a mi asesor de Tesis el Ingeniero Hismael Rodríguez, por su orientación, así como a la Empresa Southern Perú, en especial al Ingeniero Rogelio Martínez, Director de la Unidad Minera Toquepala y al Ingeniero Enrique Sanca, Superintendente del área de Geotecnia, que me brindaron las facilidades para poder realizar este estudio.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
RESUMEN.....	XIII
ABSTRACT	XIV
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I: ASPECTOS GENERALES.....	4
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	4
1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	4
1.2. HIPÓTESIS	5
1.2.1. HIPÓTESIS GENERAL	5
1.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	5
1.3. OBJETIVOS.....	5
1.3.1. OBJETIVOS GENERALES	5
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.4. FUNDAMENTO Y JUSTIFICACIÓN.....	6
1.5. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD	7
1.5.1. UBICACIÓN.....	7

1.5.2. ACCESIBILIDAD	8
CAPÍTULO II: ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOMORFOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS.....	9
2.1. GEOLOGÍA REGIONAL.....	9
2.1.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	9
2.1.2. LITO-ESTRATIGRAFÍA REGIONAL.....	10
2.1.2.1. GRUPO TOQUEPALA	10
2.1.2.2. FORMACIÓN MOQUEGUA.....	13
2.1.2.3. FORMACIÓN HUAYLILLAS.....	13
2.1.2.4. FORMACIÓN CAPILLUNE.....	14
2.1.2.5. FORMACIÓN BARROSO	14
2.1.2.6. DEPÓSITOS FLUVIO-ALUVIALES	14
2.1.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL	16
2.1.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA REGIONAL	16
2.2. GEOLOGÍA LOCAL	18
2.2.1. GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	18
2.2.2. LITO ESTRATIGRAFÍA LOCAL	19
2.2.2.1. ROCAS VOLCÁNICAS	19
2.2.2.2. ROCAS INTRUSIVAS.....	25
2.2.2.3. BRECHAS	28
2.2.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL	32
2.2.3.1. ZONA DE FALLA MICALACO	34
2.2.3.2. SISTEMA DE FALLAS YARITO Y SARGENTO.....	35

2.2.3.3. FALLA “O”	36
2.2.3.4. ZONA SISTEMA DE FALLAS NORTE-SUR Y ESTE-OESTE	36
2.2.4. GEOLOGÍA ECONÓMICA LOCAL.....	37
2.2.4.1. ALTERACIÓN DEL MACIZO ROCOSO	38
2.2.5. HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA	41
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	46
3.1. PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO	46
3.1.1. RESISTENCIA	46
3.1.2. CRITERIOS DE ROTURAS	47
3.1.2.1. CRITERIO DE HOEK Y BROWN	47
3.1.2.2. CRITERIO DE MOHR – COULOMB	51
3.1.3. DEFORMACIÓN	53
3.1.3.1. MÓDULO ELÁSTICO DE YOUNG (EM).....	53
3.1.3.2. COEFICIENTE DE POISSON DEL MACIZO ROCOSO (VM)	56
3.2. SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA	58
3.2.1. CLASIFICACIÓN BIENIAWSKI (RMR).....	58
3.2.2. CLASIFICACIÓN DE LAUBSCHER (IRMR O MRMR).....	60
3.2.3. CLASIFICACIÓN GSI (GEOLOGICAL STRENGTH INDEX).....	70
3.2.4. CLASIFICACIÓN SLOPE MASS RATING (SMR).....	70
3.2.5. CLASIFICACIÓN Q-SLOPE.....	71
3.3. TIPOS DE ROTURA EN TALUDES	72
3.3.1. ROTURA TIPO PLANAR	72
3.3.2. ROTURA TIPO CUÑA	73

3.3.3. ROTURA TIPO TOPPLING	74
3.3.4. ROTURA TIPO CIRCULAR	75
3.4. ÍNDICE DE VOLABILIDAD	76
3.4.1. VARIABLES GEOMECÁNICAS	77
3.4.2. MÉTODO DE LILLY	78
CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	82
4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	82
4.2. UNIDAD DE ESTUDIO	83
4.3. POBLACIÓN	83
4.4. MUESTRA.....	83
4.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	84
4.6. PROCEDIMIENTO DE CAMPO.....	85
4.6.1. TOMA DE DATOS	85
4.6.2. MUESTREO Y ENSAYOS DE LABORATORIO.....	85
4.7. PROCEDIMIENTO DE GABINETE.....	86
CAPÍTULO V: RESULTADOS	87
5.1. RESULTADOS DE LAS CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS. ...	87
5.2. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN DE DATOS GEOMECÁNICOS PARA VOLADURA.	109
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	128
6.1.COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA.	128

6.2 COMPARACIÓN DE DATOS GEOMECÁNICOS PARA DISEÑO DE VOLADURA.....	129
CONCLUSIONES.....	138
RECOMENDACIONES.....	138
BIBLIOGRAFÍA.....	140

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Ubicación Mina Toquepala</i>	7
Figura 2 <i>Accesibilidad Toquepala</i>	8
Figura 3 <i>Columna Estratigráfica Regional</i>	15
Figura 4 <i>Mapa geológico regional</i>	17
Figura 5 <i>Toba Riolita - Pórfido Cuarzifero Quellaveco (Qq)</i>	20
Figura 6 <i>Diabasa – Dolerita Toquepala (Td)</i>	21
Figura 7 <i>Riolita - Pórfido de cuarzo Toquepala</i>	22
Figura 8 <i>Andesita Toquepala</i>	23
Figura 9 <i>Riolita Toquepala</i>	24
Figura 10 <i>Diorita (Di)</i>	26
Figura 11 <i>Dacita Porfírica</i>	27
Figura 12 <i>Dacita Aglomerádica</i>	28
Figura 13 <i>Brecha Angular (Bx)</i>	29
Figura 14 <i>Brecha Turmalina (BxT)</i>	30
Figura 15 <i>Brecha Pebble (Px)</i>	31
Figura 16 <i>Columna estratigráfica – Mina Toquepala</i>	32
Figura 17 <i>Mapa de Alteraciones – Toquepala</i>	40
Figura 18 <i>Cuenca del río Locumba</i>	42
Figura 19 <i>Ábaco para determinar IRS</i>	61
Figura 20 <i>Gráfico para hallar el factor de ajuste para BS</i>	63
Figura 21 <i>Curva para asignación de puntaje para BS</i>	63
Figura 22 <i>Ábaco para asignar puntaje asociado al JS</i>	64
Figura 23 <i>Ábaco para AJS</i>	65
Figura 24 <i>Ábaco para obtener P(JC) en macizo de varios sets de estructuras</i>	67
Figura 25 <i>Tipos de rotura plana</i>	73
Figura 26 <i>Tipos de rotura en cuña</i>	74
Figura 27 <i>Tipos de rotura tipo toppling o de vuelco</i>	75
Figura 28 <i>Rotura circular o curva</i>	76
Figura 29 <i>Zona de estudio</i>	87
Figura 30 <i>Gráfico porcentual de resultados RMR en Dacita Aglomerada</i>	90
Figura 31 <i>Gráfico porcentual de resultados RMR en Diorita</i>	91
Figura 32 <i>Gráfico porcentual de resultados RMR en Brecha</i>	92
Figura 33 <i>Gráfico porcentual de resultados RMR en Cuarzo Quellaveco</i>	93

Figura 34	Gráfico porcentual de resultados MRMR en Dacita Aglomerada	94
Figura 35	Gráfico porcentual de resultados MRMR en Diorita.....	95
Figura 36	Gráfico porcentual de resultados MRMR en Brecha.....	96
Figura 37	Gráfico porcentual de resultados MRMR en Cuarzo Quellaveco	97
Figura 38	Gráfico porcentual de resultados GSI en Dacita Aglomerada	98
Figura 39	Gráfico porcentual de resultados GSI en Diorita.....	99
Figura 40	Gráfico porcentual de resultados GSI en Brecha	100
Figura 41	Gráfico porcentual de resultados GSI en Cuarzo Quellaveco.....	101
Figura 42	Gráfico porcentual de resultados SMR en Dacita Aglomerada.....	102
Figura 43	Gráfico porcentual de resultados SMR en Diorita	103
Figura 44	Gráfico porcentual de resultados SMR en Brecha.....	104
Figura 45	Gráfico porcentual de resultados SMR en Cuarzo Quellaveco	105
Figura 46	Gráfico porcentual de resultados Q-Slope en Dacita Aglomerada	106
Figura 47	Gráfico porcentual de resultados Q-Slope en Diorita	107
Figura 48	Gráfico porcentual de resultados Q-Slope en Brecha	108
Figura 49	Gráfico porcentual de resultados Q-Slope en Cuarzo Quellaveco	109
Figura 50	Gráfico de dispersión para FC y FE en Dacita Aglomerada	113
Figura 51	Gráfico de dispersión para FC y FE en Diorita	114
Figura 52	Gráfico de dispersión para FC y FE en Brecha	115
Figura 53	Gráfico de dispersión para FC y FE en Cuarzo Quellaveco	115
Figura 54	Gráfico de correlación entre RQD, UCS Y RMR, para FC y FE en Dacita.....	116
Figura 55	Gráfico de correlación entre RQD, UCS y RMR para FC y FE en Diorita	118
Figura 56	Gráfico de correlación entre RQD, UCS y RMR para FC y FE en Brecha.....	120
Figura 57	Gráfico de correlación entre RQD, UCS y RMR para FC y FE en Cuarzo Q.....	121
Figura 58	Gráfico de Diseño de Carga - Toquepala.....	124
Figura 59	Simulación de distribución de halos de energía para macizos de regular calidad	125
Figura 60	Simulación de fragmentación aplicando BI y factor de roca de regular calidad	125
Figura 61	Simulación de distribución de halos de energía para macizos de buena calidad.....	126
Figura 62	Simulación de fragmentación aplicando BI y factor de roca d.....	126
Figura 63	Gráfico de comparación de resultados de clasificaciones geomecánicas	129
Figura 64	Formato evaluación geotécnica de voladura.....	132
Figura 65	Diagrama del proceso de voladura	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Zonamiento Mineralógico	37
Tabla 2 Tipos de Alteración y Asociación mineralógica.....	41
Tabla 3 Promedio mensual de la humedad relativa por estación.....	43
Tabla 4 Distribución mensual de la precipitación.	44
Tabla 5 Guía para la estimación del grado de perturbación D de un macizo rocoso	50
Tabla 6 Tabla de constantes en función de la estructura y la calidad del macizo	57
Tabla 7 Tabla parámetros clasificación de Bieniawski.....	59
Tabla 8 Inverso de dureza en materiales de relleno.....	62
Tabla 9 Factores de ajuste para el puntaje asociado a JC	66
Tabla 10 Factores de ajuste por intemperización	68
Tabla 11 Factores de ajuste por orientación de estructuras	68
Tabla 12 Factores de ajuste por voladura Factores de ajuste por voladura	69
Tabla 13 Factores de ajuste por agua.....	69
Tabla 14 Parámetros de evaluación para cálculo de índice de volabilidad	78
Tabla 15 Tabla de consumo específico.....	81
Tabla 16 Esquema de operacionalización de variables.	84
Tabla 17 Tabla comparativa de resultados de clasificaciones geomecánicas	88
Tabla 18 Tabla de resultados de simulación de datos geomecánicos	111
Tabla 19 Tabla Comparativa del Factor de carga y factor de energía.....	112
Tabla 20 Tabla de comparación de datos geomecánicos obtenidos de las clasificaciones	131
Tabla 21 Tabla de valores asignados para factor de diseño.....	133
Tabla 22 Tabla de valores asignados para condición de cara de banco	134

ANEXOS

ANEXOS 1 - MAPAS

- Mapa de ubicación
- Mapa geológico Regional
- Mapa geomorfológico Local
- Mapa litoestratigráfico local
- Columna estratigráfica
- Mapa geológico estructural local
- Mapa de ubicación de las zonas de estudio

ANEXOS 2 – ENSAYOS DE LABORATORIO

Nivel 3265

Nivel 3325

ANEXOS 3 – ESTEREOGRAMAS

Nivel 3265

Nivel 3325

ANEXOS 4 – CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS

Clasificación Bieniawski

Clasificación de Laubscher

Clasificación GSI

Clasificación Slope Mass Rating

Clasificación Q-Slope

ANEXOS 5 – TABLAS DE COMPARACIÓN DE RESULTADOS

Comparación de los métodos de clasificación geomecánica

Comparación de los datos geomecánicos para diseño de voladura

RESUMEN

La investigación titulada “Metodologías de clasificación geomecánica en el control de daño al talud por voladura en la mina Toquepala – Tacna, tiene como finalidad comparar las diferentes metodologías de clasificación geomecánica, con el fin de determinar cuál de ellas nos proporciona información útil para el diseño de voladura.

Para mejorar el entendimiento geomecánico y estructural del yacimiento minero de Toquepala, es necesario incrementar los controles de daño, para ello se ha analizado cinco métodos de clasificación geomecánica comenzando con Bieniawski (1976), Laubscher (2001), GSI (1994), SMR (2014) y Q-Slope (2017), con la finalidad de identificar cuál se ajusta a las necesidades que requiere un proyecto de voladura. Se aplicará el método de Índice de Volabilidad para poder calcular los parámetros de roca, factor de carga y factor de energía necesaria para fragmentar.

Las voladuras pueden generar inestabilidad en un macizo rocoso, por ello es importante hacer un estudio de tipo preventivo para garantizar la seguridad de la operación.

Palabras clave: Clasificación geomecánica, voladura, índice de volabilidad, factor de carga, factor de energía.

ABSTRACT

The research entitled "Geomechanical classification methodologies in the control of slope damage by blasting in the Toquepala mine - Tacna, aims to compare the different geomechanical classification methodologies, in order to determine which of them provides useful information for blasting design.

To improve the geomechanical and structural understanding of the Toquepala mine deposit, it is necessary to increase the damage controls, for this purpose five geomechanical classification methods have been analyzed starting with Bieniawski (1976), Laubscher (2001), GSI (1994), SMR (2014) and Q-Slope (2017), in order to identify which one fits the needs required for a blasting project. The Volability Index method will be applied in order to calculate the rock parameters, load factor and energy factor required to fragment.

Blasting can generate instability in a rock mass, so it is important to make a preventive study to ensure the safety of the operation.

Key words: Geomechanical classification, blasting, blastability index, load factor, energy factor.

INTRODUCCIÓN

La tesis titulada “Metodologías de clasificación geomecánica en el control de daño al talud por voladura en la mina Toquepala – Tacna, se planteó al observar voladuras con sobredimensionamiento energético, es decir, que emplean mucha carga explosiva para el tipo de macizo rocoso, generando inestabilidades.

La voladura forma parte del inicio del proceso productivo de una operación minera, por ello se debe tener en cuenta el tema de fragmentación óptima, por esta razón es fundamental el reconocimiento y entendimiento de las propiedades geomecánicas.

Para poder desarrollar esta tesis se ha realizado el mapeo de 24 celdas en campo, de las cuales 12 celdas se encuentran en el nivel 3265 y las otras 12 celdas en el nivel 3325; también se ha recolectado muestras para realizar ensayos de carga puntual y así determinar la resistencia a la compresión uniaxial, así mismo se empleó el software Dips para los análisis estereográficos, los cuales nos ayudan a identificar la distribución espacial de las discontinuidades (diaclasas) y fallas, e identificar los probables mecanismos de falla.

Con todos los datos obtenidos se realizó cinco métodos de clasificación geomecánica, Bieniawski (1976), Laubscher (2001), GSI (1994), SMR (2014) y Q-Slope (2017), las cuales son comparadas posteriormente, para determinar cuál de ellas nos da información que se puede utilizar en el cálculo del índice de volabilidad, dato necesario para el diseño de voladura.

En el desarrollo de esta tesis se han considerado 6 capítulos; el primer capítulo está constituido por la descripción de la problemática, así como el planteamiento de las hipótesis y objetivos, se considera también la ubicación de la zona de estudio; en el segundo capítulo se describe la geología de manera regional y local, incluyendo datos geomorfológicos, estructurales, y la descripción del tipo de yacimiento junto con otros datos de la mina Toquepala; como tercer capítulo se ha considerado las teorías y formulismos que se aplicarán para la resolución de esta tesis, en el cuarto capítulo se describe la metodología que se aplica para el desarrollo de este estudio, indicando los procedimientos a seguir, tanto en el proceso de la toma de datos, así como el trabajo en gabinete; en el quinto capítulo se presentan los resultados obtenidos y como complemento en el sexto capítulo se realiza una comparación de dichos resultados, finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la mina de Toquepala la extracción de mineral se realiza con el método a cielo abierto, por lo cual mediante perforación y voladura se remueve el terreno que cubre la formación geológica, en donde se encuentra el yacimiento; para esto se procede a realizar apertura de bancos sucesivos que van avanzando en forma descendente a medida que se va extrayendo el material. En las voladuras se utilizan explosivos que generan ondas de vibración, las cuales son transmitidas desde la fuente en todas las direcciones, estas vibraciones pueden generar la aparición de fisuras, grietas, activación de estructuras por fallas, debilitando el macizo rocoso circundante; así mismo las vibraciones, o la presión de los gases acumulados en la detonación, también pueden generar desplazamiento de bloques provocando deformaciones en el tiempo. El daño ocasionado por la voladura en el macizo rocoso puede generar inestabilidades, y con ello provocar grandes pérdidas.

1.1.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿De qué manera ayudan las diferentes metodologías de clasificación geomecánica en el control de daño al talud por voladura en la mina Toquepala – Tacna?

1.1.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo las metodologías de clasificación geomecánica ayudan en el control de daño al talud por voladura en la mina Toquepala – Tacna?

- ¿Qué parámetros geomecánicos se requieren para el diseño preliminar de una voladura para el control de daño?
- ¿Cómo se aplican los parámetros geomecánicos en las voladuras?

1.2. HIPÓTESIS

1.2.1. HIPÓTESIS GENERAL

- El uso de metodologías de clasificación geomecánica ayudan en el control de daño al talud por voladura en la mina Toquepala – Tacna.

1.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Las metodologías de clasificación geomecánica ayudan en el control de daño al talud por voladura en la mina Toquepala – Tacna, mediante los parámetros geomecánicos.
- La resistencia de la matriz rocosa, los parámetros y orientación de las discontinuidades ayudan a realizar los diseños preliminares de una voladura.
- Se puede aplicar software de voladura, empleando parámetros geomecánicos específicos.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVOS GENERALES

- Comparar las diferentes metodologías de clasificación geomecánica en el control de daño al talud por voladura en la mina Toquepala – Tacna.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer las metodologías de clasificación geomecánica en el control de daño al talud por voladura en la mina Toquepala – Tacna.
- Determinar los parámetros geomecánicos adecuados para no sobredimensionar los diseños de las voladuras y controlar el daño al talud.
- Aplicar los parámetros geomecánicos con la ayuda de un software especializado para voladura, empleando metodología de Lilly.

1.4. FUNDAMENTO Y JUSTIFICACIÓN

Con la presente investigación se desea mitigar el daño por las voladuras en minería y mantener una estabilidad en el talud. La falta de un control geomecánico en los resultados de las voladuras puede generar grandes consecuencias como inestabilidades a nivel multibanco, entre otras; por ello es importante hacer un estudio de tipo preventivo para garantizar la seguridad de la operación. Las inestabilidades de un macizo rocoso están relacionadas al cambio del comportamiento de esfuerzos que se generan por las actividades mineras, a esta se suman otros factores como la acción de agentes erosivos, principalmente el agua.

Al avanzar en la explotación del material, se incrementan las fases de minado y es necesario tener un mayor control geomecánico, pudiendo así prevenir o mitigar los daños que puedan producirse. A medida que la altura del talud va aumentando, este es más vulnerable a los efectos que pueda producir la voladura.

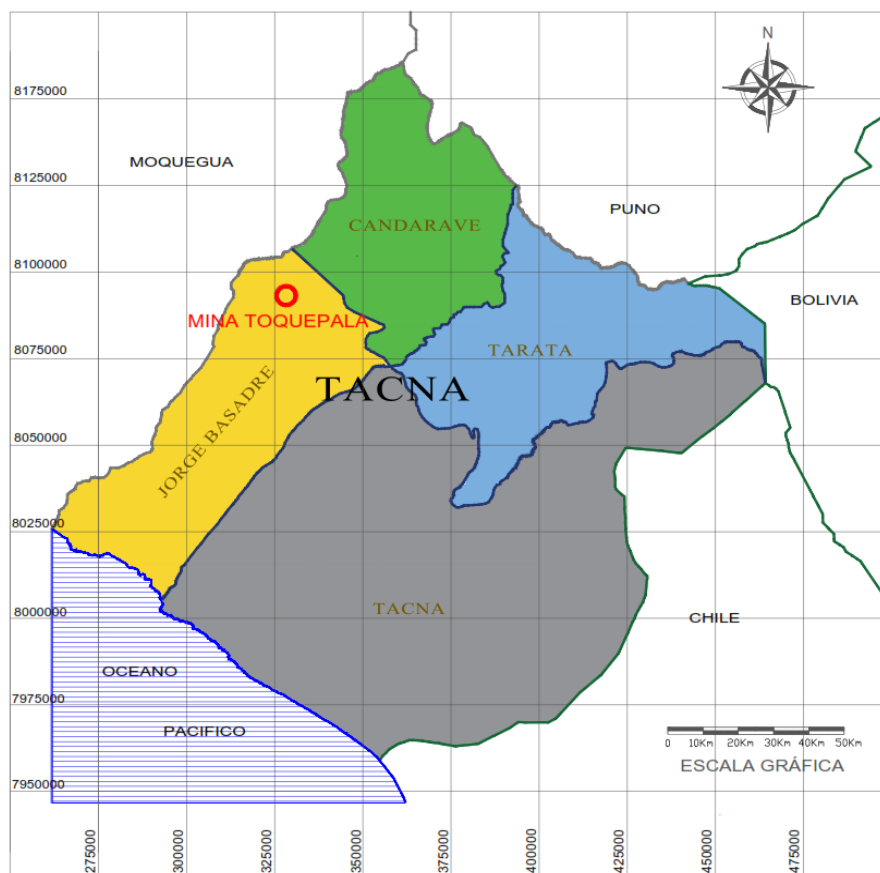
1.5. UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD

1.5.1. UBICACIÓN

El yacimiento minero Toquepala, está ubicado en el distrito de Ilabaya, pertenece a la provincia de Jorge Basadre del departamento de Tacna, entre los 2 900 a 3600 m.s.n.m., geográficamente ubicado a 17°13' latitud Sur y 70°36' longitud Oeste. Coordenadas UTM WGS'84: 19K 328 450 E y 8 092 500 N.

Figura 1

Ubicación Mina Toquepala



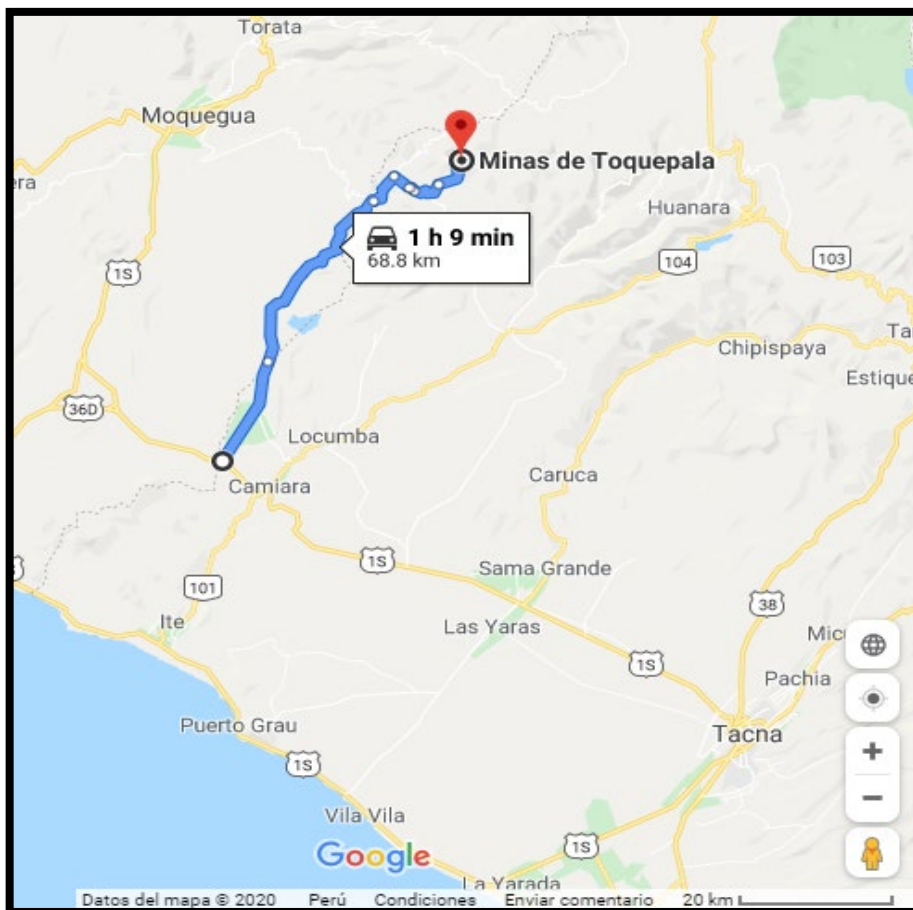
Nota. Elaboración propia, se puede observar en Anexos 1

1.5.2. ACCESIBILIDAD

Se puede llegar a la mina Toquepala por la carretera Panamericana Sur; en el punto denominado Camiara, se sigue el camino asfaltado de 69 km, el cual va a la mina.

Figura 2

Accesibilidad Toquepala



Nota. Fuente Google Maps (<https://www.google.com/maps>)

CAPÍTULO II

ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOMORFOLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS

2.1. GEOLOGÍA REGIONAL

Encontramos rocas de naturaleza ígnea; una serie de depósitos de derrames riolíticos y andesíticos que se generaron por la actividad volcánica en el cretáceo superior, a los que denominamos como "Grupo Toquepala". El Grupo Toquepala experimentó pliegues masivos, fallas y levantamientos en bloques produciendo el "Plegamiento Peruano" de Steinmann; alcanzó su desarrollo máximo en el "Plegamiento Incaico".

2.1.1. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio pertenece al flanco occidental de la cordillera de los Andes, presenta un relieve bastante irregular, con colinas que se generan en la cordillera volcánica. Estos alineamientos colinosos se encuentran organizados de forma paralela, generalmente tienen orientación N-S; separados por angostos valles secos. Según Bellido B., 1979, la homogeneidad del basamento geológico y el clima árido en el área, han generado que el relieve sea bastante uniforme en cuanto a su fisonomía. Solo la depresión tectónica asociada a la falla Incapuquio, en la parte meridional, altera significativamente esa uniformidad. En el área principalmente se observan tres unidades geomorfológicas: **Llanura** Costera, conformada por la formación Moquegua, se encuentra bastante erosionada con pendiente suave, contiene relleno de piedemonte aluvial, que es transportado a zonas más bajas por

una red de drenaje detrítico. Se encuentra emplazada entre los 350 y 3000 m.s.n.m. con una pequeña inclinación hacia el SO. **Flanco andino**, compuesto por rocas de origen volcánico e intrusivo, presenta una topografía accidentada con quebradas, depresiones y una red de drenaje sub-paralelo. **Cadena de conos volcánicos**, secuencia de conos volcánicos que abarcan una franja de 20 a 30 Km. con rumbo Noroeste – Sureste. alcanzan altitudes hasta 5815m.s.n.m. (Volcán Tutupaca). Presenta diques morrénicos y un terreno estriado, encontrados habitualmente en flancos de volcanes. Su orientación se da debido a que las zonas de erupción volcánica se encuentran extendidas por zonas de debilidad más o menos paralelas al litoral del Pacífico. Posee un sistema de drenaje dendrítico subparalelo que converge en las quebradas principales.

2.1.2 LITO-ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

2.1.2.1. Grupo Toquepala

Presenta interestratificaciones de rocas volcánicas con intercalaciones de rocas detríticas de grano grueso. El Grupo Toquepala contiene cuatro formaciones: La formación Huaracane (antes formación Toquepala (Bellido B. y Landa C. 1965), Inogoya, Paralaque y Quellaveco. (Martínez W. y Zuolaga A., 2000)

- FORMACIÓN HUARACANE, llamada formación Toquepala según Bellido B. y Landa C. (1965). En esta formación se describen siete unidades volcanoclásticas: Toba lapilli, tobas soldadas, lavas coherentes, tobas

soldadas de textura porfídica de color gris rojizo, tobas de color gris rosado, brechas piroclásticas, lavas de composición andesítica, estudiadas a lo largo del curso inferior del río Torata.

- FORMACIÓN INOGOYA, es una secuencia sedimentaria (Bellido B. y Landa C. 1965), contiene conglomerados, areniscas, gravas consolidadas estratificadas, se encuentra en varias litofacies que van desde conglomerados gruesos en el sector oriental (cerro Vizcachane) hasta areniscas y limolitas claras (Hacienda Inogoya), con intercalaciones de flujos piroclásticos porfiríticos grises, tabulares (cerro Alegoma). Sobreyace a la Formación Huaracan, e infrayace disconforme a tobas soldadas macizas (Formación Paralaque). Su localidad tipo se encuentra en las inmediaciones de la Hacienda Inogoya.

- FORMACIÓN PARALAUQUE, secuencia de tobas soldadas porfiríticas, textura eutaxítica con minerales esenciales de plagioclasas y cuarzo, como accesorios, biotita, fragmentos líticos y opacos, color gris rojizo, conforman farallones abruptos y extensas. Sobreyace disconforme sobre la Formación Inogoya e infrayace en igual relación a la Formación Quellaveco, esta unidad es asignada al Cretáceo superior.

- FORMACIÓN QUELLAVECO, conformada por cinco unidades volcánicas de composición riolítica comprende más del 80 % de toda la secuencia (Bellido B. y Landa C. 1965; Martínez W. y Zuolaga A., 2000).

Miembro Samanape (antes Serie Alta) tiene una potencia de 300 m en el área de estudio (Martínez W. y Zuolaga A., 2000), esta se ha dividido en miembro superior e inferior. El miembro inferior se encuentra expuesto a lo largo de la carretera Quellaveco, quebrada Honda, quebrada Cocotea, Cuajone y Chujulay. El Miembro superior está compuesto de tobas lapilli, blanquecinas bien estratificadas que presentan en afloramiento formas redondeadas. Se expone ampliamente a lo largo de la carretera quebrada Honda - mina Toquepala, sobreyace disconforme a la unidad inferior.

Miembro Asana (antes Pórfido Quellaveco), son lavas de composición riolítica con coloración gris claro, porfídica con cuarzo y feldespatos mayormente alterados, el cuarzo hialino flotante en matriz media compuesto por cuarzo-feldespatos. Su estratotipo se encuentra en las inmediaciones del poblado de Asana y la Cimarrona.

Miembro Carpanito (antes Serie Toquepala), lavas coherentes de grano fino gris oscuras, estratificadas, de textura porfídica seriada con plagioclasas y ortopiroxenos. Afloran en los valles del río Capillune, cerros Carpanito y Pedregal.

Miembro Yarito Tiene una potencia de 700 m en el área de estudio (Martínez W. y Zuolaga A., 2000), secuencia de lavas porfídicas gris rosadas, silicificadas y muy resistentes, presentan buena estratificación. Corresponde a riolitas con alteración de arcillas-sericita, parcialmente afaníticas con

matriz holocristalina. Aflora extensamente al NO de la mina Toquepala entre los cerros Yarito y Cruz Laca; regionalmente tiene forma cómica e intruyen a las secuencias volcánicas Samanape y Paralaque. Presenta contacto fallado (Falla Micalaco) con la Superunidad Yarabamba y las andesitas Carpanito.

Miembro Tinajones, secuencia de lavas coherentes blanco amarillentas, estratificadas, porfídicas con cuarzo flotante en matriz afanítica, buzan 15 - 20° en dirección SO, sus afloramientos se encuentran entre la mina de Cuajone y la quebrada Charaque.

2.1.2.2. Formación Moquegua

Rocas sedimentarias conformadas de conglomerados polimícticos, con clastos de guijas y areniscas gruesas, medianamente estratificadas, intercalándose algunos niveles de tobas grises blanquecinos en las secuencias superiores. Los clastos corresponden a andesitas y riolitas, e intrusivos dioríticos. Sobreyace discordantemente a las secuencias volcánicas del Grupo Toquepala y a los intrusivos del Batolito de la Costa del sur del Perú.

2.1.2.3. Formación Huaylillas

Descrita por Wilson J. y García W. (1962), litológicamente corresponde a tobas lapilli, de composición química riolítica a dacítica de color gris, blanco a rosado; están compuestas por feldespatos fragmentados, biotitas con

escasas hornblendas, fragmentos de pómez y líticos. Tiene una potencia de 100 m en el área de estudio (Martínez W. y Zuolaga A., 2000).

2.1.2.4. Formación Capillune

Mendevil S. (1965), describe una secuencia de rocas sedimentarias de ambiente continental lacustre, las cuales se encuentran intercaladas con tobas de color gris claro y andesitas grises, presentan conglomerados con clastos de material volcánico de areniscas tufáceas, arcillas aglomeradas, afloran en la localidad de Capillune del Cuadrángulo de Maure.

2.1.2.5. Formación Barroso

Según Wilson J. y García W. (1962), es una serie de rocas volcánicas de composición andesítica, traquítico y traquiandesítica, que conforman la Cordillera del Barroso. Presenta derrames intercalados con brechas de flujo y piroclásticos, de color gris claro, gris pardo hasta gris oscuro.

2.1.2.6. Depósitos Fluvio-aluviales

Compuestos de gravas, arenas, en canales activos, polimícticos, con clastos subredondeados a subangulares, soporte de matriz areno-limoso asociados a flujos de barro y conos aluviales. (Wilson J. y García W.1962)

ROCAS INTRUSIVAS

La principal roca intrusiva que se encuentran en la región es la Diorita-Granodiorita. También encontramos pequeñas intrusiones de Monzonitas Cuarcíferas y Dacitas ubicadas como pequeños stocks y diques.

Figura 3

Columna Estratigráfica Regional

SISTEMA	SERIE	UNIDAD	M	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	
CUATERNARIO	HOLOCENO 0,188 MA PLEIST. 1,8 MA	Dep. Aluvial			Gravas, arenas y limos.	
		Dep. Aluvial			Gravas, arenas y Arenas.	
		Dep. Aluvial			Gravas y arenas.	
		Dep. Glacial			Morrenas consolidados con matriz soportado.	
		Dep. Aluvial			Gravas, arenas y limos.	
NEÓGENO	PLIOCENO	Gpo. Barroso	2320		Bancos bien definidos de tufos y lavas de composición traquítica con cantidades menores de andesitas.	
		Fm. Millo	50		Conglomerados intercalados con niveles de tobas lapilli.	
		Fm. Capillune	100		Tobas liticas soldadas, macizas de gris claras, se intercalan flujos lavicos, composicion riolitica	
	MIOCE-NO 23 MA	Fm. Huaylillas	100		Conglomerados basales, brechas y areniscas tobáceas, gris verdosas a tonalidades amarillentas, en estratificación ondulante. Conglomerados polimigíticos, areniscas de grano grueso estratificados, en nivel superior tobas liticas.	
PALEÓGENO	OLIGO-CENO 34 MA	Fm. Moquegua	1500		Conglomerados con soporte de clastos. Arenisca y limonitas rojas estratificadas.	
		Fm. Sotillo	500		Lavas porfidicas, blanco amarillento estratificados, composición riolitica. Lavas porfidicas, gris rosadas, estratificados, composición riolitica.	
	PALEOCENO 65 MA	Fm. Quelitaco	Miembro Tinajones	300		Lavas porfidicas, gris claro, macizas se intercalan flujos piroclásticos soldados
			Miembro Yarito	700		Lavas afaníticas gris oscuras estratificadas, intercaladas con lavas porfidicas gris marrón, composición andesítica.
			Miembro Carpantito	1000		Lavas porfiríticas de cuarzo-feldespato, gris claro macizas composición andesítica.
			Miembro Asana	300		Tobas porfiríticas soldadas, con plagiocasa, cuarzo, biotita, fragmentos líficos y vidrios opacos de color gris rojizo, secuencias sedimentarias compuestas por lodolitas y areniscas finas de rojizas a grises
			Miembro Samanape	300		Compuestos de conglomerados, areniscas, gravas consolid., bien estratificadas de coloración gris a tonalidades claras.
CRETACEO	SUPERIOR	Grupo Toquepala	Fm. Paralaque	430		Andesitas grises
			Fm. Inogoya	480		Brechas piroclásticas de tobas monimítica, maciza en bloques de gris rojizo, composición dacitas. Flujos piroclásticos de tobas-lapilli de cuarzo biotita gris rosada.
		Fm. Huaracane		1300		Lavas piroclásticas soldadas de cuarzo-feldespato, macizas porfiríticas, gris rojizo, composición riolitica. Flujos piroclásticos tipo toba-lapilli lahares, estratificados gris rojizo
						Tobas soldadas estratificadas, textura eutaxilitica, se intercala toba-lapilli, soldada gris clara de composición riolitica.
						Flujos piroclásticos de toba-lapilli soldado, líficas macizo gris claro
INFERIOR 145 MA	Fm. Matalaque	250		Consiste de rocas volcánicas afaníticas, color gris oscuras de composición andesítica-basaltica, moderadamente estratificada.		
JURÁSICO	SUPERIOR 163,5 MA	Fm. Guaneros	300		Areniscas con intercalaciones de lavas grises, delgadas capas de calizas y una secuencia superior de lavas grises a rojas	

STOCKS
 Monzonitas y granodioritas
 S. U. Yarabamba
 Dioritas, monzonitas y granodioritas de textura holocristalina
 S. U. Challaviento
 Monzonitas y granodioritas y granito de textura granular

Nota. INGEMMET Cuadrángulo 35u Martínez W. y Zuolaga A., 2000

2.1.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

Encontramos como principal estructura al Sistema de fallas de Incapuquio (Wilson J. y García W.1962). En el cuadrángulo de Moquegua se describe que el sistema de fallas Incapuquio está compuesto por las fallas Incapuquio y Micalaco, las cuales tienen un rumbo de N 60° – 70° W. (Bellido B., 1979). La falla Incapuquio ha sido descrita desde el cuadrángulo de Palca, reconocida y mapeada desde la frontera con Chile hasta el Valle de Tambo, en una distancia cerca de 140 km, esta estructura tiene aproximadamente 1 km de ancho compuesto por rocas trituradas y alteradas. En Toquepala encontramos la falla Micalaco a 5,5 km al Norte de la falla Incapuquio, es una zona de fracturamiento, brechamiento y cizallamiento; actualmente esta falla se encuentra activa según estudios realizados por INGEMMET. La falla Micalaco se extiende desde el medio del pueblo (llamado de la misma manera), hacia el Noroeste interceptando la quebrada Toquepala, en la región mide 21km longitud. Encontramos una faja de cizallamiento donde la falla se abre, desde la quebrada Toquepala cerca de 4 km hacia el NO. Una fracción de la zona de mineral de Toquepala se encuentra dentro en la faja de cizallamiento, el límite sur de la mineralización viene a ser la falla Micalaco.

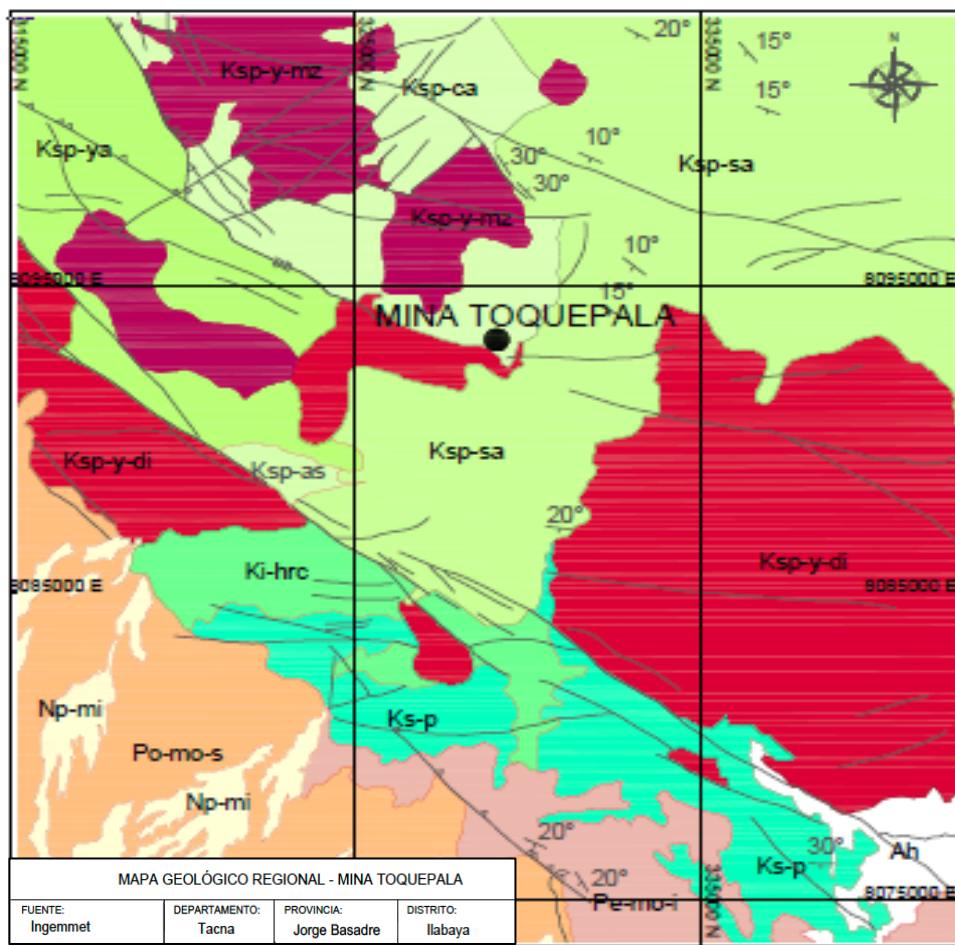
2.1.4 GEOLOGÍA ECONÓMICA REGIONAL

La zona de estudio se encuentra ubicada en la franja metalogenética de pórfidos de Cu-Mo y depósitos, la cual se extiende en el flanco oeste de la Cordillera Occidental del sur del Perú. Los intrusivos relacionados con la mineralización

presentan composiciones dioríticas, granodioríticas y monzoníticas, cuyo emplazamiento se encuentra controlado por el sistema de fallas Incapuquio. Esta franja presenta dos épocas metalogénicas con mineralización de Cu-Mo (Acosta et al., 2008). La primera del Paleoceno (62 y 55 Ma), representada por los depósitos de Cerro Verde y Toquepala. La segunda época es del Eoceno (54 y 52 Ma), caracterizada por los depósitos de Cuajone y Quellaveco.

Figura 4

Mapa geológico regional



Nota. Anexos 2, fuente: Geología del cuadrángulo de Moquegua INGEMMET.

2.2 GEOLOGÍA LOCAL

2.2.1 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

Según el EIA de Toquepala realizado por Walsh Perú S.A (2011), “El Sector Toquepala está ubicado en la Vertiente Occidental Andina en altitudes que van de 2,100 a casi 4,000 msnm. El área se encuentra sobre rocas volcánicas e intrusivas, donde los factores climáticos responden a eventos lluviosos extraordinarios, cuyos tiempos de retorno se miden en décadas o incluso siglos. Los procesos correspondientes a antiguos episodios geológicos, así como a las pasadas condiciones climáticas intensas cuaternarias y subrecientes de las glaciaciones andinas, son los que han conducido a establecer la morfología agreste, de relieves montañosos y colinosos, en los que son frecuentes los afloramientos rocosos alternados de cubiertas coluviales de espesor variado. El intenso volcanismo de edad terciaria y cuaternaria que se produjo en los Andes suroccidentales del país, así como el levantamiento andino pleistocénico, (período entre 5,3 y 2,5 millones de años) son los episodios geológicos que dieron origen a los aspectos que caracterizan el relieve actual.”

Una de las características principales en gran parte del área volcánica es su topografía montañosa.

Unidades geomorfológicas en Toquepala:

- Planicies: Fondos de valle aluvio torrenciales, altiplanicies onduladas.
- Montañas: Montañas moderadamente empinadas, montañas empinadas.

2.2.2 LITO ESTRATIGRAFÍA LOCAL

El depósito Toquepala contiene metros de rocas volcánicas de la formación Quellaveco, relacionado con la actividad ígnea que se dio a cabo en el Cretácico Superior hasta el Terciario Inferior. Compuesto por derrames alternos de riolita y andesita, casi horizontales, tiene un espesor acumulado de más de 1.500 m, formando el Grupo Toquepala. La roca intrusiva consiste en diorita y granodiorita del batolito andino y su diferenciación a dacita porfirítica. Las rocas más antiguas que podemos observar en mina son el Pórfido Cuarzo Quellaveco (Qq), seguido por las rocas de las Series Toquepala y Alta. Estas rocas fueron intruidas por plutones granitoides y posteriormente por rocas del Centro Intrusivo Toquepala; las cinco rocas que caracterizan este centro son Pórfido Dacita (Dp), Brecha Hidrotermal (Bx), Aglomerado Dacita (Da), Pórfido Latita (Lp) y Brecha Pebble (Px).

2.2.2.1 ROCAS VOLCÁNICAS

A. FORMACIÓN QUELLAVECO

Serie de rocas volcánicas de composición intermedia y ácida, compuestas generalmente de andesitas y riolitas. En la zona de estudio solamente afloran 3 de sus 5 miembros.

A.1. Pórfido Quellaveco (Qq)

Es el miembro más antiguo del grupo Toquepala, se encuentra al norte de la Falla Incapuquio, presenta una orientación al Noreste y un buzamiento hacia S-SO, compuesta de derrames lávicos y flujos riolíticos; riolita color crema

violácea de textura porfídica, presenta fenocristales de cuarzo de 1.8 mm de diámetro, predomina la alteración propilítica, la clorita y calcita se presentan en fracturas.

Figura 5

Toba Riolita - Pórfido Cuarzífero Quellaveco (Qq)



Nota. Fuente: Tesis “Comportamiento litológico respecto a la alteración yeso-anhidrita en mina Toquepala” - Flores, C. 2017.

A.2. Serie Toquepala

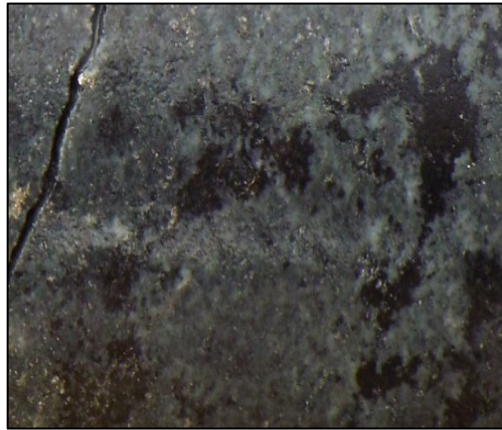
Compuesta por una serie andesítica y riolítica, subdividida en cuatro unidades:

- **Dolerita Toquepala (Td)**, es el miembro inferior de la serie Toquepala, comprende Andesitas intemperizadas, diabasas que poseen un magnetismo moderado a débil. No posee mineralización, roca de grano fino de color gris oscuro a negro. presenta un flujo andesítico, el cual ha sufrido intemperismo, probablemente con una gran alteración filica, sin

mineralización. Se encuentra alterada, por acción hidrotermal, a una arcilla de coloración blanquecina - amarillento y arcilla sericita fuertemente granulada.

Figura 6

Diabasa – Dolerita Toquepala (Td)



Nota. Tesis “Comportamiento litológico respecto a la alteración yeso - anhidrita en mina Toquepala” - Flores, C. 2017

- **Pórfido de Cuarzo Toquepala (Tq)**, según Flores, C. (2017), sobreyace a la Dolerita, posee una discordancia erosional, de textura porfídica, coloración marrón claro, rojizo; contiene cristales de cuarzo de grano medio a grueso, con alteración Propilítica débil, contiene como alteración secundaria, la Argílica débil con presencia de hematita, jarosita en fracturas y rellenando cavidades.

Figura 7

Riolita - Pórfido de cuarzo Toquepala



Nota. Fuente: Tesis “Comportamiento litológico respecto a la alteración yeso-anhidrita en mina Toquepala” - Flores, C. 2017

- **Andesita Toquepala (Ta)**, se sobrepone al Pórfido de Cuarzo Toquepala, es una roca de textura afanítica de color gris claro a oscuro, caracterizado por presentar flujos andesíticos; aflora en el lado Oeste de la Mina, en contacto con intrusivos dioríticos y granodioríticos. (Bellido B., 1979).

Figura 8

Andesita Toquepala



Nota. Fuente: Tesis “Comportamiento litológico respecto a la alteración yeso-anhidrita en mina Toquepala” - Flores, C. 2017.

- **Riolita Toquepala (Tr)**, presenta una matriz sílicea, en la textura muestra bandeamientos finos de flujo y pequeños lentecillos de feldespatos, se puede observar cristales de cuarzo, ortosa y plagioclasa.

Figura 9

Riolita Toquepala



Nota. Fuente: Tesis “Comportamiento litológico respecto a la alteración yeso-anhidrita en mina Toquepala” - Flores, C. 2017.

A.3. Serie Alta

Aflora en los alrededores de la mina y en amplias extensiones del área. Se sobrepone a la Serie Toquepala. Litológicamente consiste en derrames piroclásticos gruesos en los que predominan las rocas andesíticas. Según Bellido B. (1979), los niveles más bajos expuestos son bancos de riolita de color gris rosado a marrón, pero en la mayor parte de las secciones predominan las rocas andesíticas. El tope de la Serie Alta está constituido por piroclastos gris claro a verdosos, que forman las cumbres de los cerros que se encuentran en los alrededores de la Mina Toquepala.

2.2.2.2 ROCAS INTRUSIVAS

Las intrusiones que se presentan en la zona varían en cuanto a tamaño, encontramos intrusivos hipoabisales e intrusivos plutónicos, así como un área de brechamiento. En la zona se encuentra un stock de composición diorítica y granodiorítica que pertenece al Batolito Andino.

A. DIORITA

Intruye a los miembros del Grupo Toquepala, incluso la Serie Alta, a su vez se encuentran cortados por stocks porfiríticos. Estas rocas se originaron por un magma de naturaleza ácida, y su emplazamiento se produjo cuando todavía estaban en estado de fusión. La mineralización de la Calcopirita se encuentra en venillas asociadas a la Pirita, de manera disseminada y en fracturas, la Molibdenita se encuentra relleno de fracturas, las alteraciones que predominan son la alteración filica débil a moderada y la propílica débil a moderada, siendo la alteración secundaria, una silicificación débil a moderada.

Figura 10

Diorita (Di)



Nota. Fuente: Tesis “Comportamiento litológico respecto a la alteración yeso-anhidrita en mina Toquepala” - Flores, C. 2017

B. DACITA PORFIRÍTICA (Dp)

Expuestos como diques de pórfido de dacita y stocks, presenta una coloración pardo rosáceo en superficies intemperizadas y gris blanco en superficies frescas, fuertemente alterada. Según Mattos, R. y Valle J. (1999), las rocas dacíticas constituyen un sistema intrusivo hipoabisal verdaderamente complejo de tipo textural, siendo el principal responsable de la mineralización y alteración del yacimiento. La mineralización de la Calcopirita se encuentra rellenando cavidades, en venillas y de forma diseminada; la Molibdenita se encuentra de manera diseminada, y rellenando fracturas. Predomina la alteración Fílica moderada, como

alteración secundaria encontramos la potásica de intensidad débil, también por sectores una silicificación débil.

Figura 11

Dacita Porfirítica



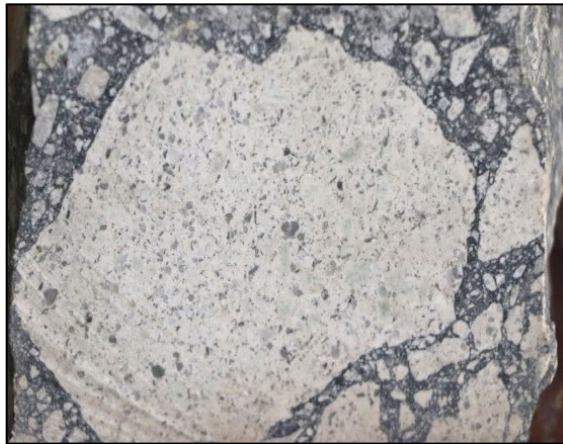
Nota. Fuente: Tesis “Comportamiento litológico respecto a la alteración yeso-anhidrita en mina Toquepala” - Flores, C. 2017

C. DACITA AGLOMERÁDICA (Da)

Similar a la Dacita porfirítica a excepción de los fenocristales de cuarzo, la coloración es gris verdosa, su textura cambia de acuerdo según la alteración, se le consideró como un aglomerado por su textura y la presencia de pequeños xenolitos, la concentración de inclusiones se va perdiendo en profundidad, la textura varía de acuerdo a la alteración, el aglomerado de dacita representa un stock estéril que contiene abundantes xenolitos en su parte superior y se emplazó en una etapa tardía en la evolución del sistema hidrotermal. (Flores, C. 2017)

Figura 12

Dacita Aglomerádica



Nota. Fuente: Tesis “Comportamiento litológico respecto a la alteración yeso-anhidrita en mina Toquepala” - Flores, C. 2017

D. LATITA PORFIRÍTICA (Lp)

Compuesta por una de las intrusiones más jóvenes, contiene fenocristales de ortoclasa, presenta una matriz de grano fino con coloración grisácea, encontramos esta roca como diques que cortan a los intrusivos. Según Flores C. (2017), son típicamente estériles y han sido alteradas a los ensambles minerales argílicos.

2.2.2.3 BRECHAS

En la zona de estudio encontramos los siguientes tipos de brecha:

A. BRECHA ANGULAR (Bx)

Compuesta de fragmentos de Dacita porfirítica, Diorita, Brecha de Turmalina y Latita Porfirítica, con una matriz de sílice gris la cual contiene sulfuros de Calcopirita, Molibdenita y Pirita. Hay un predominio de la alteración Fílica Fuerte a moderada, seguida de la alteración Potásica moderada a débil.

Figura 13

Brecha Angular (Bx)



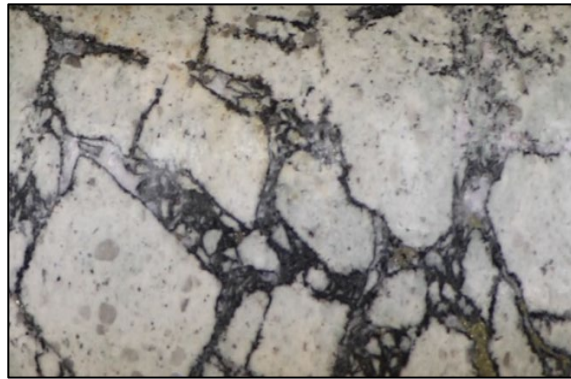
Nota. Fuente: Tesis “Comportamiento litológico respecto a la alteración yeso-anhidrita en mina Toquepala” - Flores, C. 2017.

B. BRECHA TURMALINA (BxT)

La más abundante, contiene fragmentos de Dacita porfirítica en una matriz de turmalina, con predominio de la alteración Propilítica moderada a débil. Originada en la etapa principal de la alteración hidrotermal del depósito.

Figura 14

Brecha Turmalina (BxT)



Nota. Fuente: Tesis “Comportamiento litológico respecto a la alteración yeso-anhidrita en mina Toquepala” - Flores, C. 2017.

C. BRECHA PEBBLE (Px)

Contiene fragmentos de Latita porfídica, Dacita, Diorita y rocas volcánicas como Andesitas y Riolitas; varían desde 1 cm a 20 cm, matriz de roca molida de sílice color gris, por sectores presenta matriz de Latita Porfirítica. La mineralización es incipiente de Calcopirita, Molibdenita y Pirita, relleno de cavidades y de manera diseminada; escasa turmalina. Presenta una alteración propilítica débil a moderada, leve alteración Fílica y silicificación débil; esta brecha se presenta en forma de dique. (Flores C. 2017).

Figura 15

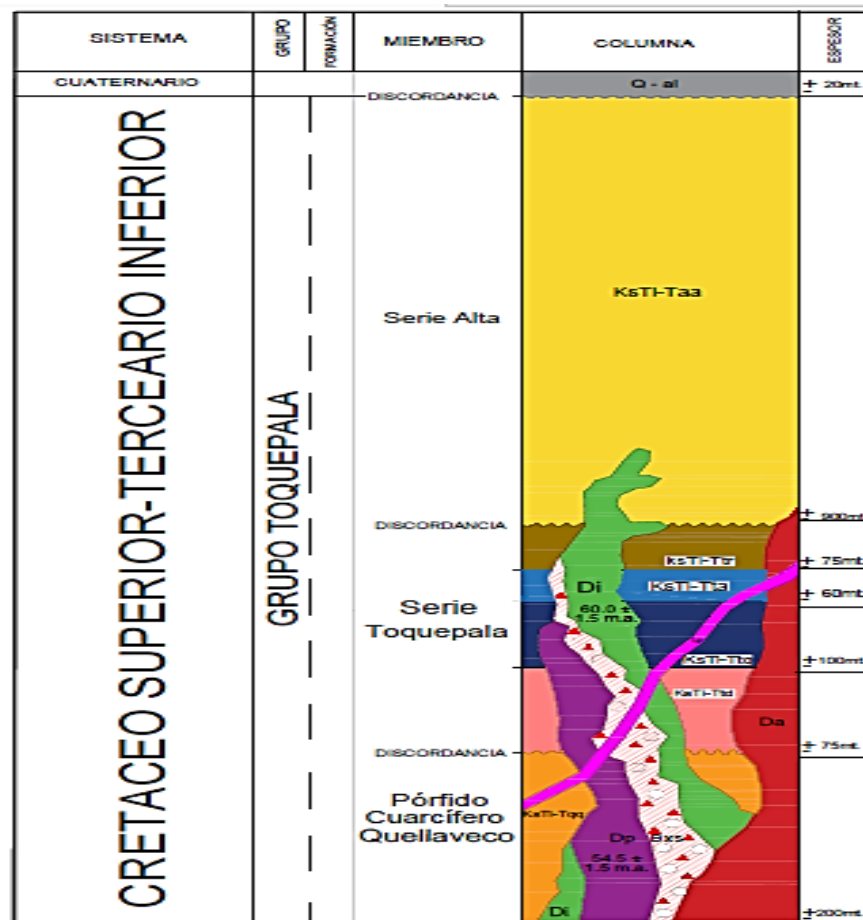
Brecha Pebble (Px)



Nota. Fuente: Tesis “Comportamiento litológico respecto a la alteración yeso-anhidrita en mina Toquepala” - Flores, C. 2017.

Figura 16

Columna estratigráfica – Mina Toquepala



Nota. Fuente: “Exploración, Geología y Desarrollo del Yacimiento Toquepala”- Mattos, R. y Valle J. (1999) (ver Anexos).

2.2.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

Las rocas más antiguas que encontramos en Toquepala pertenecen a una secuencia de tobas riolíticas y flujos piroclásticos andesíticos del Cretácico superior denominados Grupo Toquepala.

En el período Cretácico se originó el movimiento hacia el norte de la placa Farellón junto con el desplazamiento al oeste de la placa Sudamericana durante la deposición del Grupo Toquepala, esto cambia durante el Terciario generándose una subducción de la placa de Nazca hacia el N-NE, bajo el margen occidental de la placa Sudamericana. Esta subducción habría sido acompañada con el plegamiento y fallamiento propios de la orogénesis que dio lugar a la cadena montañosa.

Una subducción de la placa oceánica en dirección Este, bajo la placa Sudamericana, continuaría hasta la actualidad. Algunas fallas muestran señales de actividad durante el Holoceno (0,17 Ma) y algunas se encontrarían aún activas.

En la región, como estructura principal encontramos el Sistema de fallas de Incapuquio descrito por Wilson J. y García W. 1962. En el área de Toquepala, se encuentran dos fallas pertenecientes al sistema de fallas Incapuquio, las cuales son la Falla Incapuquio y la Falla Micalaco actualmente activa, estas son dos fallas mayores regionales que buzan de manera empinada hacia el noreste. Ambas fallas cortan todas las unidades geológicas presentes (desde la Formación Quellaveco hasta la Serie Alta), así mismo existen fallas pequeñas que corresponden al mismo sistema. A 5,5 km del lado Norte de la falla Incapuquio se encuentra la falla Micalaco. Se estima que la falla Incapuquio tiene un rumbo de aproximadamente 200 km (desde la frontera Perú – Chile hasta pasado Arequipa), además de ser considerada como una falla sísmicamente activa.

A nivel local la estructura principal que encontramos en la Mina es la Falla Micalaco, es un agente controlador de la mineralización y presenta una zona de grandes fallas de aproximadamente 300 m de ancho que pasan por la mina Toquepala.

2.2.3.1 ZONA DE FALLA MICALACO

La Falla Micalaco se le ha reconocido con una extensión de 21 Km de largo, con zonas anchas de fracturamiento brechamiento y cizallamientos. Aflora en medio de la mina Toquepala, es la falla de mayor potencia y persistencia dentro de la mina se encuentra orientada de NO-SE, está compuesta de más de tres zonas individuales de brecha de falla con potencias entre 2 y 15 m. con zonas de roca fracturada entre ellas. La matriz de brecha de falla está compuesta de fragmentos de roca de caja fragmentada, cementada localmente con carbonatos, cuarzo o piritita. Este material es entre blando y moderadamente blando. La transición desde la zona de brecha de falla hacia la roca de caja (diorita) ocurre entre unos 5 a 10 m. Según el estudio de Stevenson en 1968, desde Micalaco hasta cerca de la mina, la falla se presenta como una estructura esencialmente vertical y de alineamiento rectilíneo y angosto, pero en un recorrido de cerca de 4 kilómetros desde la quebrada Toquepala hacia el NO la falla se abre, convirtiéndose en una faja de cizallamiento de 200 a 500 metros de ancho que tiene el mismo rumbo que la falla y un buzamiento que varía desde la vertical hasta 70 grados hacia

el norte, podemos encontrar una parte de la zona mineralizada de Toquepala en la faja de cizallamiento. Las rocas que se encuentran dañadas por la falla son granodiorita y bloques incorporados de pórfido cuarcífero Quellaveco, se encuentran en la zona mineralizada. La falla Micalaco es una estructura que ha influido en el desarrollo y formación del depósito de Toquepala.

2.2.3.2 SISTEMA DE FALLAS YARITO Y SARGENTO

Dentro de la mina Toquepala podemos encontrar fallas similares a la falla Micalaco, las cuales son las fallas Yarito, Sargento, Sargento 1, Sargento 2 y Sargento 3, pero con potencias entre 1 a 3 m, alcanzando 19 m en los niveles superiores de la falla Yarito. Estas fallas han sido identificadas en bancos de las paredes oeste y suroeste entre las elevaciones 3300 y 3040 y entre las elevaciones 2700 y 3370 (Fedorowich J. 2017).

En este sistema de fallas, el material principal que se encuentra es la brecha de falla, con paneles de proporciones variables entre roca de caja quebrada y alterada. La matriz está compuesta por roca caja fracturada y está parcialmente cementada con carbonatos, cuarzo o pirita. Este material es entre blando y moderadamente blanco, con una dureza R1 o R0 en los niveles superiores y llegando a R3 en la elevación 3040; esto debido a la presencia relativamente alta de yeso/anhidrita de grano fino a mediano actuando como cemento en la matriz.

Las fallas Yarito y Sargento 1 cambian sus direcciones de buzamiento (NO a SE) en profundidad. En general, la resistencia de los materiales de brecha de falla aumenta en profundidad. La falla sargento presenta una orientación O-E, de buzamiento subvertical con presencia de estructuras paralelas, se presenta como una bifurcación de la Falla Yarito, extendiéndose en dirección norte a esta.

2.2.3.3 FALLA “O”

La falla “O” se encuentra al SE del tajo, con una longitud de más de 60 m y potencia de 0,65 m. Se presenta como un conjunto con otras fallas, cuya extensión se vuelve curva hasta interceptar a la falla Micalaco. Es una falla de tipo sinistral, lo que indica que el bloque oeste se ha desplazado hacia el sur en relación con el bloque al este de la falla.

2.2.3.4 ZONA SISTEMA DE FALLAS NORTE-SUR Y ESTE-OESTE

En la Mina en la pared del Este, junto con la falla “O” encontramos dos sistemas de fallas ortogonales entre sí. El sistema N-S corta y desplaza al sistema E-O. Partes del sistema N-S son sub-paralelos a los planos de deposición que se observan en la Alta Andesita, Riolita Toquepala y Andesita Toquepala, ya que sus contactos y planos de estratificación representan planos de debilidad.

2.2.4 GEOLOGÍA ECONÓMICA LOCAL

Según Mattos, R. y Valle J. (1999), Toquepala es un pórfido de cobre-molibdeno asociado a un stockwork y a una estructura de chimenea de brecha de forma regularmente cilíndrica. La mineralización en Toquepala se encuentra diseminada, encontrando los minerales económicos en estado de sulfuros, en finas vetillas relleno vacíos, o en pequeños agregados. Encontramos una distribución de leyes de cobre uniforme, tanto lateralmente como en profundidad. Como minerales de Mena encontramos calcopirita (CuFeS_2) y calcosita (Cu_2S); como mineral de molibdeno la molibdenita (MoS_2) y como mineral de hierro no económico encontramos pirita (FeS_2).

Tabla 1

Zonamiento Mineralógico

ZONA MINERAL	MINERALES PREDOMINANTES	OCURRENCIA
Leached Capping Óxidos	Limonitas, jarosita 30 %, hematita 60 %, goethita 10 % Cuarzo sericita	Diseminado mayormente y en fracturas
Enriquecido	Calcosita 90 % y otros 10 %, digenita relleno espacios en las brechas, pirita, covelita, bornita, cobre nativo.	Rellenando espacios en las brechas diseminado y como vetas, asociado al cuarzo.
Transicional	Calcopirita 60 %, calcosita 25 %, otros 15 % molibdenita, pirita, bornita	Rellenando espacios en las brechas diseminado y en venas, asociado a Cuarzo.
Primario	Calcopirita 90 % y otros 10 %, pirita, bornita, molibdenita tetrahedrita, enargita, galena	Rellenando espacios vacíos de las brechas, diseminado y en vetas

Nota. Fuente: “Exploración, Geología y Desarrollo del Yacimiento Toquepala”-

Mattos, R. y Valle J. (1999)

2.2.4.1 ALTERACIÓN DEL MACIZO ROCOSO

El yacimiento de Toquepala presenta una alteración hidrotermal donde los tipos principales de alteración que encontramos según Mattos, R. y Valle J. (1999), son cuatro: Propílica, filica, argílica supérgena, potásica-fílica. Las rocas que no han sido alteradas son la dacita aglomerádica y diques de latita porfirítica.

Según Martines, W. et al. (2018), el tipo de alteración que predomina es la filica, en el centro del yacimiento y en profundidad se presenta la alteración potásica y a los bordes del yacimiento formando un halo de 4 km se presenta la alteración propílica, entre estas alteraciones se presentan superposiciones y gradaciones de la alteración argílica. Los elementos principales en el yacimiento son Cu-Mo.

Todas las rocas del basamento, rocas intrusivas han sido alteradas, a excepción de la dacita aglomerádica y diques de latita porfirítica.

La Alteración hidrotermal en Toquepala se desarrolla en cuatro etapas: (Martines, W. et al. 2018).

- ETAPA TEMPRANA, encontrada en clastos del complejo de brechas hidrotermales. Asociadas al pórfido granodiorítico. Varias generaciones de vetillas de cuarzo, feldespato K, albita, biotita, anhidrita y bornita con halos de alteración.

- ETAPA TURMALINA, está asociada con los procesos de formación de brechas en el depósito. No presenta mineralización de sulfuros asociados a esta etapa. Se reconocen dos tipos de alteración, la primera en clastos con reemplazo casi total de sericita y cuarzo y en la segunda la matriz es alterada por turmalina y cuarzo.

- ETAPA PRINCIPAL, introducción de mineralización de Cu y Mo. Presencia de vetillas de cuarzo con molibdenita-calcopirita, brechas de molibdenita y en menor porcentaje vetillas de magnetita. Las brechas de Mo y vetillas de cuarzo-calcopirita y molibdenita tienen la mayor parte del Mo en Toquepala. El Mo aumenta con la profundidad y las vetillas de calcopirita disminuyen.

- ETAPA TARDÍA, fase donde se introducen las vetillas y vetas de cuarzo-sericita y pirita con halos de sericita y menores porcentajes de anhidrita. También existen vetillas de cuarzo, sericita, andalucita, pirita con halos de sericita.

ALTERACIÓN PROPÍLICA Esta alteración se encuentra generalmente en diorita. Como producto de la alteración podemos encontrar minerales de epidota, clorita, calcita en compañía de la pirita. Mattos, R. y Valle J. (1999).

ALTERACIÓN FÍLICA Generalmente encontramos esta alteración en el intrusivo de dacita y brechas. Es la alteración predominante en el depósito.

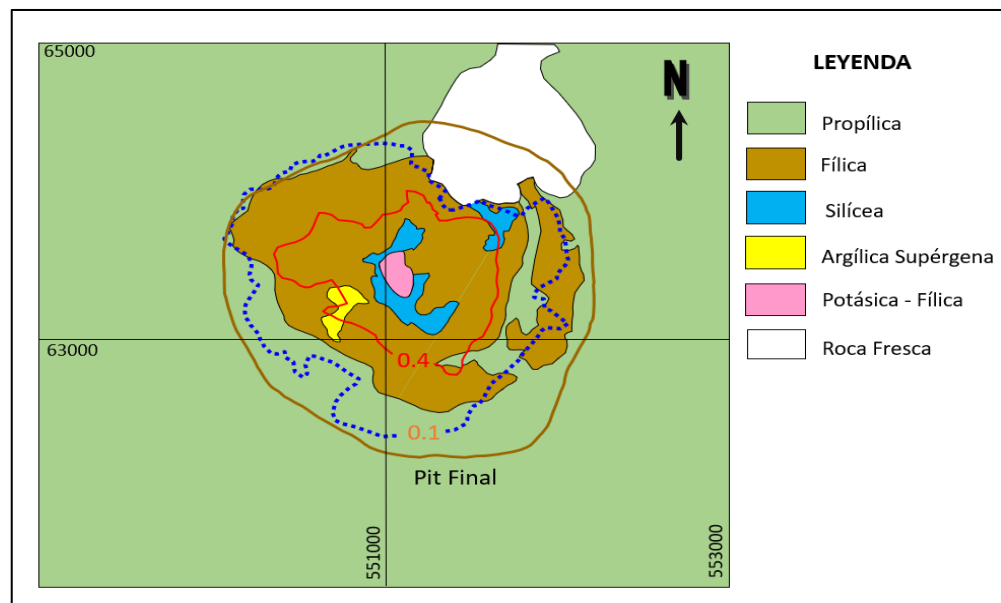
Como producto de la alteración podemos encontrar cuarzo, sericita y piritita.
Mattos, R. y Valle J. (1999).

ALTERACIÓN ARGÍLICA SUPÉRGENA Esta alteración se encuentra presente en dioritas y rocas volcánicas. Como producto de la alteración podemos encontrar caolín y arcillas. (Mattos, R. y Valle J., 1999)

ALTERACIÓN POTÁSICA – FÍLICA, esta alteración se encuentra presente en el intrusivo de dacita y brecha, en el centro del pit. está asociada a enriquecimiento potásico, producto la alteración de feldespatos y biotitas secundarias, clorita y sericita (Mattos, R. y Valle J., 1999).

Figura 17

Mapa de Alteraciones – Toquepala



Nota. Fuente: “Exploración, Geología y Desarrollo del Yacimiento Toquepala”- Mattos, R. y Valle J., 1999

Tabla 2

Tipos de Alteración y Asociación mineralógica

ALTERACIÓN	ASOCIACIÓN MINERALÓGICA
Propílica	Epidota – clorita calcita
Fílica	Cuarzo sericita
Argílica Supérgena	Caolín y arcillas en general
Potásica – Fílica	Biotita – Clorita Ortosa – Biotita (Anhidrita – Magnetita)

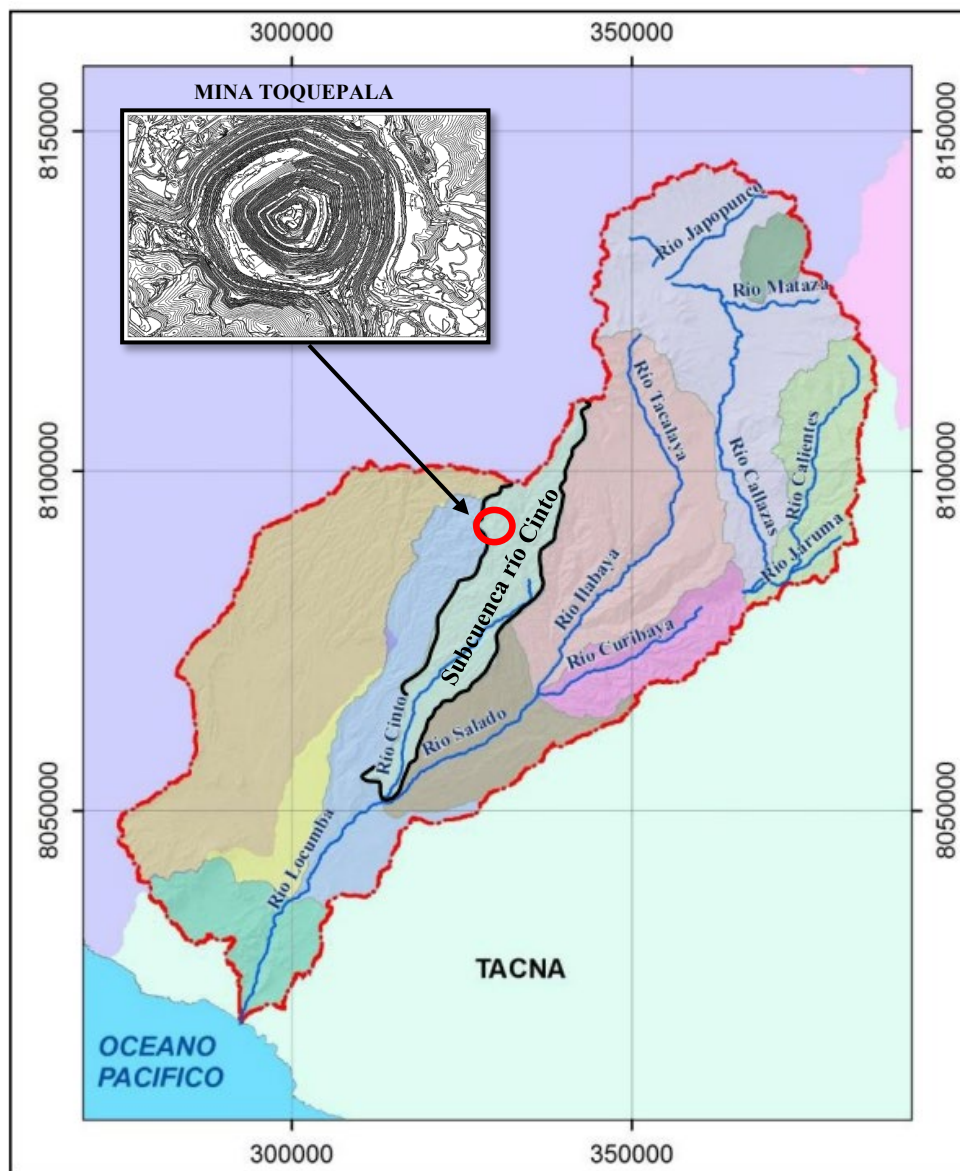
Nota. Fuente: “Exploración, Geología y Desarrollo del Yacimiento Toquepala”- Mattos, R. y Valle J., 1999

2.2.5 HIDROLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

Según el EIA de Toquepala realizado por Walsh Perú S.A (2011), el área de estudio se encuentra sobre la cuenca del río Locumba, la cual pertenece al sistema hidrográfico de la vertiente del Pacífico; Toquepala se sitúa en la parte media de la cuenca. A nivel de sub-cuencas, el sector se emplaza casi en su totalidad sobre la subcuenca de la quebrada Cinto. El sector Toquepala se encuentra emplazado casi en su totalidad en el área seca de la cuenca del río Locumba, es decir, aquella situada por debajo de los 3 900 msnm. Dado que todas las quebradas que atraviesan el sector nacen en el área seca de esta cuenca, se trata de quebradas secas.

Figura 18

Cuenca del río Locumba



Nota. Fuente: “Análisis hidrológico-económico de las alternativas de represamientos actuales y proyectados en la cuenca Locumba, región Tacna” – Pino Vargas E., et al.

Según Consorcio Río Locumba (2016), la cuenca Locumba ocupa un área muy extensa lo que hace que cuente con varias regiones climáticas que inciden sobre el comportamiento de la humedad relativa. El menor registro de humedad se encuentra en la estación Toquepala, con 29.18 % en el mes de agosto. La humedad relativa promedio anual de Toquepala es de 39.55 %, es decir, aire seco. La mayor parte del año, el aire es tan marcadamente seco que los valores mínimos mensuales de humedad relativa están casi siempre por debajo de 35 %.

Tabla 3

Promedio mensual de la humedad relativa por estación

ESTACIÓN	ALTURA (m.s.n.m.)	MES												PROM ANUAL
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
LOCUMBA	559	69.84	69.52	70.20	71.25	74.00	75.39	75.21	75.06	73.91	72.18	70.72	70.72	72.33
SAMA	552	75.92	73.56	75.78	73.84	76.57	77.46	77.32	76.95	74.65	72.97	74.05	75.14	75.35
CALANA	848	72.29	71.92	73.54	77.13	78.68	80.33	80.81	80.70	80.17	77.54	75.53	73.37	76.83
LA YARADA	58	77.33	78.40	78.46	80.00	81.00	82.04	82.96	82.50	81.69	80.20	77.81	76.89	79.94
MAGOLLO	288	67.71	68.57	68.71	73.71	78.33	79.33	80.17	79.43	77.83	74.86	72.00	71.14	74.32
JORGE BASADRE	560	69.55	68.55	70.89	75.21	78.21	80.47	81.05	81.22	80.11	76.72	74.17	72.00	75.68
CANDARAVE	3415	72.45	75.19	71.36	60.04	52.96	48.04	46.22	47.37	47.00	48.27	52.89	58.82	56.72
QDA HONDA	4200	63.72	61.73	60.20	56.96	42.30	46.98	43.85	40.50	40.88	41.02	46.81	53.29	49.85
TARATA	3068	61.37	64.73	62.05	55.19	42.62	40.05	35.27	38.00	39.50	38.17	44.78	49.33	47.59
TOQUEPALA	3650	56.56	54.43	56.36	43.97	30.78	33.28	29.56	29.18	29.76	33.23	35.34	42.12	39.55
ILABAYA	1425	73.00	73.67	72.56	70.56	67.00	66.44	68.67	67.44	67.60	67.30	68.80	70.00	69.42
CALIENTES	1200	76.30	76.30	76.80	75.20	70.90	67.73	64.64	68.18	72.27	70.45	71.18	73.18	71.93
TACALAYA	4440	66.16	63.40	64.23	58.75	52.04	53.72	51.38	49.91	49.07	48.98	54.01	58.68	55.86
SUCHES	4452	76.80	70.89	70.76	67.43	61.79	58.80	57.31	58.67	61.19	60.25	64.62	68.24	64.73

Nota. Fuente: “Plan de aprovechamiento de RR. HH. para la cuenca del río

Locumba” – Consorcio Río Locumba 2016.

La zona en general es montañosa y semidesértica con parámetros anuales de 119.9 mm de precipitación y 1 500 mm de evaporación. El régimen de precipitaciones en la zona se caracteriza por su acentuada estacionalidad, donde alrededor del 85 % de la precipitación anual se presenta principalmente a los meses de diciembre, enero, febrero y marzo; algunas precipitaciones ocurren en meses transicionales y una estación seca prolongada de invierno, casi sin precipitaciones y tiempo mayormente soleado y seco. El balance hídrico muestra que el déficit de agua ocurre principalmente desde mayo y se prolonga hasta el mes de octubre. (Consortio Río Locumba 2016),

Tabla 4

Distribución mensual de la precipitación.

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ITE	1.7	0.2	0.1	0.1	0.6	0.8	2.3	2.3	3.1	1.3	0.5	0.9	13.7
SAMA	3.9	1.9	0.4	0.7	1.7	2.8	2.9	4.8	6.7	2.8	2.2	2.1	32.7
ILABAYA	3.8	4.1	1.3	0.2	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.1	0.0	0.8	11.1
CURIBAYA	9.0	12.8	3.1	0.3	0.3	0.4	0.5	1.0	0.7	0.5	0.5	1.8	30.9
SITAJARA	39.2	40.9	20.1	0.9	0.1	0.4	0.7	0.7	1.2	0.7	1.2	14.3	120.3
CAIRANI	40.0	37.0	17.6	1.5	0.6	0.4	1.1	1.1	1.1	0.8	1.3	9.5	111.9
SUSAPAYA	61.8	75.3	35.1	0.2	0.6	0.5	1.1	0.7	1.8	3.5	2.7	18.7	201.8
CANDARAVE	57.7	59.9	35.9	2.3	0.3	0.8	0.8	1.2	1.3	1.7	1.7	12.8	176.4
TOQUEPALA	36.0	34.5	20.6	4.6	0.4	0.6	0.2	0.7	0.6	0.8	2.6	18.4	119.9
QDA.HONDA	84.5	80.6	55.9	5.8	1.3	1.6	1.1	1.8	1.2	1.9	2.6	21.7	260.0
CHUAPALCA	117.4	98.9	71.6	14.7	2.4	0.9	1.1	3.0	2.2	6.7	21.7	57.0	397.5
CHALLAPALCA	99.5	80.2	67.0	11.0	2.3	3.2	1.1	4.5	1.7	6.1	20.8	63.7	361.1
VILACOTA	133.8	127.4	88.9	11.6	2.2	1.6	1.1	4.1	2.7	7.0	12.2	57.0	449.6
TACALAYA	121.8	120.4	87.5	19.4	3.6	2.0	1.9	3.8	3.8	9.3	12.9	55.4	441.7
SUCHES	101.3	100.6	71.4	18.8	2.7	2.8	1.3	3.2	3.7	8.8	16.0	50.6	381.3
VIZCACHAS	113.3	114.1	76.7	17.4	1.4	0.5	1.9	8.9	1.9	11.3	14.9	69.4	431.6

Nota. Fuente: “Plan de aprovechamiento de RR. HH. para la cuenca del río

Locumba” – Consortio Río Locumba 2016

La evaporación promedio del total anual registrada para el período 2006-2010, es de 1,476.06 mm. Lo que indica la aridez del sector, ya que la evaporación es mayor que la precipitación durante la mayor parte del año. La evaporación es máxima en los meses invernales secos, menos soleados y de muy baja humedad relativa.

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS, según Walsh Perú S.A (2011) en Toquepala se observa las siguientes unidades hidrogeológicas: Depósitos inconsolidados considerado acuífero, considerando los depósitos aluviales recientes, así como los depósitos coluviales, con capacidad de almacenamiento buena o moderada; y substrato rocoso con características de acuíferos, de acuitardo y acuífugo, también el Centro Intrusivo Toquepala y las formaciones Quellaveco y Paralaque, con capacidad de almacenamiento de moderada a impermeable. El agua subterránea del acuífero aluvial presenta similares características químicas en toda la extensión, tipificándose como aguas sulfatadas-cálcicas (en menor medida cloruradas-magnésicas). En el sector del Tajo Abierto, la recarga de agua proviene del Sector Altoandino del NE, descargándose hacia la parte más baja del SE. En la mina se observa que la topografía modifica el modelo del flujo regional, generando la descarga del agua fuera de las elevaciones locales hacia áreas más bajas de su alrededor. Según Schlumberger Water Services (2010), la mayoría de las rocas en la mina tienen una permeabilidad y porosidad baja limitando así el flujo de agua subterránea regional como también la descarga.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1. PROPIEDADES GEOMECÁNICAS DEL MACIZO ROCOSO

Macizo rocoso es un conjunto de bloques de matriz rocosa y de discontinuidades de diversos tipos que afectan al medio rocoso, para evaluar un macizo rocoso es necesario determinar los parámetros de la roca y de las discontinuidades, tales como las estructuras del macizo, incluyendo el número de familias de discontinuidades que existen, las características geomecánicas de las discontinuidades, el espaciado medio de los planos de discontinuidad. El estado y comportamiento mecánico del macizo rocosos está vinculado con las discontinuidades y procesos de meteorización, pero mientras el estado tensional preexistente en profundidad será el principal determinante de respuesta mecánica. El estudio de las discontinuidades y estructuras geológicas son un aspecto fundamental, ya que los planos de debilidad preexistentes dominan los procesos de rotura y deformación en los macizos superficiales. Llamamos matriz rocosa al material que no presenta discontinuidades, o a los bloques de roca intacta que se encuentran entre ellas. Una discontinuidad es un plano de origen mecánico que divide los bloques de matriz rocosa

3.1.1 RESISTENCIA

La resistencia del macizo rocoso está asociada con la resistencia de las discontinuidades y de la matriz rocosa. La presencia de zonas de alteración o de diferente composición litológica, así como zonas de tectonización lleva en sí zonas

debilitadas y anisotrópicas con diferentes características y comportamientos resistentes. Estas condiciones determinan la complejidad de evaluar la resistencia de los macizos rocosos.

Para obtener la resistencia de la matriz rocosa o de una discontinuidad puede realizarse mediante pruebas de laboratorio o en campo. Las dimensiones y condiciones naturales de los macizos rocosos no pueden reproducirse en laboratorio, y su resistencia debe estimarse por métodos indirectos. Con los criterios de rotura o de resistencia podemos evaluar la resistencia de los macizos rocosos a partir de los esfuerzos y de las propiedades del material rocoso.

3.1.2 CRITERIOS DE ROTURAS

3.1.2.1 CRITERIO DE HOEK Y BROWN

Según Ramírez Oyanguren, P.; Alejano Monge, L. (2004), el criterio de rotura más utilizado para el estudio del comportamiento de los macizos rocosos es el de Hoek and Brown. Este criterio se puede expresar mediante la siguiente fórmula:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sqrt{m \cdot \sigma_3 \cdot \sigma_c + s \cdot \sigma_c^2}$$

Para el caso de la roca intacta, por definición $s = 1$, mientras que " σ_c " y " m " serían parámetros característicos de la roca que se obtendrán mediante ensayos de laboratorio. La resistencia a la tracción correspondiente se podría obtener introduciendo $\sigma_1 = 0$, en la ecuación del criterio de rotura de Hoek-Brown y resolviéndola. La ecuación anterior carece en la práctica de valor

a no ser que sea posible obtener las constantes m , s y σ_c , de la roca sana y del macizo rocoso. En lo que respecta al macizo rocoso sano según Hoek, E. and Brown, E.T. (1998) estas constantes se pueden estimar a partir del índice empírico GSI. Los valores m y s , pueden obtenerse de la siguiente manera (m_{ms} y s_{ms} , macizo sano)

$$m_{ms} = m_r \cdot e^{\frac{GSI-100}{28}}$$

$$s_{ms} = e^{\frac{GSI-100}{9}}$$

Para los macizos rocosos que han sido alterados por excavaciones de tal manera que se haya sometido el macizo por descompresión y efecto de los explosivos, a un determinado nivel de degradación, las relaciones anteriores cambian y se transforman en las siguientes, en las que m_{md} y s_{md} son los parámetros m y s del macizo rocoso degradado:

$$m_{md} = m_r \cdot e^{\frac{GSI-100}{14}}$$

$$s_{md} = e^{\frac{GSI-100}{6}}$$

Existe una confusión a la hora de seleccionar los valores de m y s , ya que en la clasificación el término degradado se refiere tanto al macizo rocoso perturbado por obras de excavación o voladura como al macizo rocoso alterado. Por ello, los autores realizaron actualizaciones periódicas para ir superando estos desajustes de las cuales las dos últimas versiones serían Hoek, E. and Brown, E.T. (1998) y Hoek et al. (2002).

La propuesta de la última de las versiones llamado Criterio de rotura de Hoek-Brown generalizado (edición 2002), vendría a ser:

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

Donde m_b es un valor deducido de la constante de la roca intacta m_i , que

vendrá dada por:
$$m_b = m_i e^{\frac{GSI-100}{28-14D}}$$

s y a son constantes propias del macizo rocoso que vendrán dadas por las

siguientes expresiones:
$$s = e^{\frac{GSI-100}{9-3D}}$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \left(e^{\frac{-GSI}{15}} - e^{\frac{20}{3}} \right)$$

D es un factor que depende del grado de perturbación al que haya sido sometido el macizo rocoso debido a los daños originados por la voladura y relajación tensional. Este parámetro variará entre 0 para roca macizos rocosos in-situ intactos hasta 1 para macizos rocosos muy perturbados.

La resistencia a compresión simple del macizo rocoso propiamente dicho se podrá obtener haciendo $\sigma_3 = 0$, en la ecuación generalizada, lo que da:

$$\sigma_c = \sigma_{ci} \cdot s^a$$

Y recomiendan calcular la resistencia a tracción biaxial del macizo como:

$$\sigma_t = \frac{\sigma_{ci} \cdot s}{m_b}$$

Que proviene de hacer $\sigma_1 = 0$ y $\sigma_3 = \sigma_t$ en la ecuación generalizada.

El parámetro D, grado de alteración (Disturbance Factor), que determinará la resistencia del macizo se podría estimar de acuerdo con Hoek et al. (2002) de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 5

Guía para la estimación del grado de perturbación D de un macizo rocoso

EXCAVACIÓN	DESCRIPCIÓN DEL MACIZO ROCOSO	D
TÚNELES Y EXCAVACIONES SUBTERRÁNEAS	Voladura con excelente control o excavación mecánica con TBM con una perturbación mínima del macizo rocoso que rodea al túnel.	0
	Excavación mecánica o manual en macizos de mala calidad con una perturbación mínima del macizo rocoso que rodea al túnel.	0
	Problemas de “squeezing” o flujo de roca que den lugar a la elevación de la solera. Si se coloca un sostenimiento temporal de la misma, se utiliza el D del caso anterior.	0.5
	Voladuras poco cuidadosas en macizos rocosos duros, que den lugar a daños en el macizo que se extienden entre 2 y 3 metros hacia su interior	0.8
TALUDES EN INGENIERÍA CIVIL Y MINERA	Voladuras con excelente control en pequeños taludes (sobre todo si se utiliza precorte o recorte). La relajación de tensiones produce perturbación.	0.7
	Voladuras poco cuidadosas en pequeños taludes en el ámbito de la ingeniería civil.	1
	En cortas y grandes explotaciones mineras a cielo abierto se produce mucha perturbación por las grandes voladuras de producción y por la relajación de tensiones asociada a la retirada de material.	1
	Excavación por arranque mecánico o “ripado” en rocas blandas.	0.7

Nota. Fuente: Hoek et al. (2002).

3.1.2.2 CRITERIO DE MOHR – COULOMB

Según Ramírez Oyanguren, P.; Alejano Monge, L. (2004), el criterio de rotura de Mohr-Coulomb se expresa en ejes tensión cortante – tensión normal en la forma: $\tau = c + \sigma_n \tan \phi$

Donde:

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

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

Al pasar esta fórmula de Mohr – coulomb a unos ejes $\sigma_1 - \sigma_3$ como los que se utilizan para representar el criterio de rotura de Hoek-Brown, quedaría en

la forma:
$$\sigma_1 = \frac{2 \cdot \cos \phi}{1 - \sin \phi} + \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} \sigma_3$$

Evidentemente, nunca se puede ajustar de manera exacta una parábola (Hoek-Brown) a una recta (Mohr-Coulomb); lo cual ha dado lugar a que se hayan propuesto distintas estrategias de manera que los resultados de la resolución de un problema sean análogos.

Hoek et al. (2002), propone utilizar un ajuste basado en una regresión lineal media de la ecuación generalizada del criterio de rotura, en una gama de valores de la tensión principal menor tal que $\sigma_t < \sigma_3 < \sigma_{max}$, en el proceso de ajuste llevaría consigo equilibrar las áreas que quedarían por encima y debajo de la recta de Mohr-Coulomb.

Este ajuste daría como resultado las siguientes expresiones de fricción y cohesión:

$$\phi = \text{sen}^{-1} \left[\frac{6 \cdot a \cdot m_b (s + m_b \sigma_{3n})^{a-1}}{2 \cdot (1 + a)(2 + a) + 6 \cdot a \cdot m_b \cdot (s + m_b \cdot \sigma_{3n})^{a-1}} \right]$$

$$c = \frac{\sigma_{ci} [(1 + a)s + (1 - a)m_b \cdot \sigma_{3n}](s + m_b \cdot \sigma_{3n})^{a-1}}{(1 + a)(2 + a) \sqrt{1 + (6 \cdot a \cdot m_b \cdot (s + m_b \cdot \sigma_{3n})^{a-1})} / (1 + a)(2 + a)}$$

Donde: $\sigma_{3n} = \sigma_{3 \max} / \sigma_{ci}$

El valor de $\sigma_{3 \max}$, límite superior de la tensión de confinamiento sobre el cual se estimará la relación entre los criterios de rotura de Hoek-Brown y Mohr-Coulomb, se determinará específicamente para cada problema.

La resistencia a compresión simple del macizo rocoso:

$$\sigma_{cm} = \frac{2 \cdot c \cdot \cos \phi}{1 - \sin \phi}$$

Donde, si c y ϕ se determinan para la gama de tensiones $\sigma_t < \sigma_3 < \sigma_{ci} / 4$, se podría también obtener como:

$$\sigma_{cm} = \sigma_{ci} \frac{(m_b + 4 \cdot s - a(m_b - 8 \cdot s))(m_b/4 + s)^{a-1}}{2 \cdot (1 + a)(2 + a)}$$

El criterio propuesto como guía de actuación general por Hoek et al. (2002), para el caso taludes en la estimación del parámetro $\sigma_{3 \max}$:

$$\sigma_{3 \max} / \sigma_{cm} = 0.72 \cdot \left(\frac{\sigma_{cm}}{\gamma \cdot H} \right)^{-0.91}$$

Donde en este caso H se refiere a la altura del talud.

3.1.3 DEFORMACIÓN

La deformación resulta compleja de determinar en macizos rocosos, pero es muy importante cuando se desea simular su comportamiento, todos los modelos analíticos y numéricos de estimación del comportamiento mecánico que los materiales necesitan de los valores del módulo elástico E_M y coeficiente de Poisson ν_m de los macizos rocosos analizados. (Ramírez Oyanguren, P.; Alejano Monge, L. 2004)

3.1.3.1 MODULO ELÁSTICO DE YOUNG (E_M)

Según Ramírez Oyanguren, P.; Alejano Monge, L. (2004), obtener el módulo de Young del macizo a partir de ensayos de laboratorio, es complicado ya que este parámetro elástico de respuesta del macizo rocoso principalmente de macizos de buena calidad viene más marcado por la estructura del macizo que por las propiedades de la roca que lo forma, se ha intentado estimar mediante fórmulas empíricas que lo relacionan con la calidad geomecánica de los macizos rocosos. Las fórmulas de este tipo más clásicas son las de Bieniawski (1978) y Serafim, J.L y Pereira, J.P. (1983) que se expresan respectivamente por las siguientes ecuaciones:

$$E_M(GPa) = 2. RMR - 100$$

$$E_M(GPa) = 10^{\frac{RMR-10}{40}}$$

Donde E_M es el módulo de Young del macizo rocoso.

La primera de estas fórmulas tendría su ámbito de validez para $60 < \text{RMR} < 100$ y la segunda tendría validez para $40 < \text{RMR} < 100$. En macizos de peor calidad comienza a tener influencia el comportamiento de la roca intacta, por lo que resulta más difícil realizar una propuesta suficientemente aproximada.

Al objeto de tener en cuenta la influencia de la resistencia de la roca intacta en macizos rocosos poco resistentes, Hoek, E. and Brown, E.T. (1998), propusieron una modificación de la fórmula de Serafim, J.L y Pereira, J.P. (1983), para aquellos casos en que la resistencia a compresión simple de la roca intacta quedará por debajo de 100 MPa, y en la que el RMR se sustitúa por el GSI. Posteriormente, Hoek et al. (2002), propone una variación para poder introducir además una influencia del grado de perturbación del macizo rocoso D, con lo que quedaría la primera expresión:

$$E_M(\text{GPa}) = \left(1 - \frac{D}{2}\right) \sqrt{\frac{\sigma_{ci}}{100}} \cdot 10^{\frac{\text{GSI}-10}{40}}$$

Hoek, E y Diederichs, M. (2006), basándose en un análisis exhaustivo de multitud de estudios geomecánicos, incluyéndose muchos con medidas de deformabilidad a partir de gastos planos, proponen utilizar la segunda expresión:

$$E_M(\text{GPa}) = 100 \cdot \left(\frac{1 - D/2}{1 + e^{\left(\frac{75+25 \cdot D - \text{GSI}}{11}\right)}} \right)$$

Recientemente ha surgido una nueva fórmula interesante para obtener este parámetro. Barton, N. (2002), propone estimarlo a partir del parámetro denominado Q_c que se puede obtener en función del índice Q y la resistencia a compresión simple de la roca σ_c mediante la expresión:

$$Q_c = Q \cdot \frac{\sigma_c}{100} \text{ de manera que } E_M(GPa) \approx 10 \cdot Q_c^{\frac{1}{3}}$$

Aunque estas últimas expresiones parecen haber mejorado las estimaciones del valor del módulo elástico, las observaciones demuestran que, en macizos rocosos de rocas poco resistentes, todas estas expresiones sobreestiman los valores reales del módulo de Young. En este sentido Ramamurthy T. (1986) propuso, a partir de observaciones, unas expresiones aplicables a macizos rocosos estratificados y relativamente poco resistentes en las que el módulo de deformación del macizo rocoso se relaciona con el de la roca E_R (obtenido en laboratorio a partir de ensayos de módulos estándar) y con el RMR. La primera de ellas se refiere a macizos rocosos con discontinuidades predominantemente horizontales y la segunda con juntas inclinadas de 45° a 65°:

$$E_M = E_R \cdot e^{(0.0217 - rmr \cdot 2.17)}$$

$$E_M = E_R \cdot e^{(0.0564 - rmr \cdot 5.64)}$$

Donde: E_M es el módulo de Young del macizo rocoso





E_R es el módulo de Young de la roca.

3.1.3.2 COEFICIENTE DE POISSON DEL MACIZO ROCOSO (v_M)

Según Ramírez Oyanguren, P.; Alejano Monge, L. (2004). En el coeficiente de Poisson del macizo rocoso, hay que señalar que su influencia sobre los resultados de las simulaciones suele ser bastante pequeña, al mismo tiempo que lo es su gama de variabilidad natural (0.15-0.45), por lo que no se suele prestar demasiada atención a su estimación. Se puede estimar el valor del coeficiente de Poisson de un macizo rocoso a través de las tablas generales y a veces en macizos rocosos de buena calidad se admite que es el mismo que el de la roca intacta tal y se obtiene a partir de los ensayos de laboratorio ($v_M = v$).

Tabla 6

Tabla de constantes en función de la estructura y la calidad del macizo

		CONDICIÓN SUPERFICIAL DE LAS JUNTAS				
		MUY BUENA	BUENA	MEDIA	MALA	
ESTRUCTURA		Superficies rugosas e inalteradas	Superficies rugosas, algo meteorizadas, con manchas de óxido	Superficies lisas, moderadamente meteorizadas, alteradas	Superficies con espejos de falla, muy alteradas con recubrimientos compactos o rellenos que contienen fragmentos angulares de rocas	
	FRACTURADO - Macizo rocoso muy bien encajado e inalterado, consistente en bloques cúbicos formados por tres familias de discontinuidades ortogonales	m_b/m_i	0.6	0.4	0.26	0.16
		s	0.19	0.062	0.015	0.003
		a	0.5	0.5	0.5	0.5
		E_m	75000	40000	20000	9000
		v	0.2	0.02	0.25	0.25
		GSI	85	75	62	48
	MUY FRACTURADO - Macizo rocoso encajado, aunque algo alterado con bloques poliédricos angulares forados por cuatro o más familias de discontinuidades	m_b/m_i	0.4	0.29	0.16	0.11
		s	0.062	0.021	0.003	0.001
		a	0.5	0.5	0.5	0.5
		E_m	40000	24000	9000	5000
		v	0.2	0.25	0.25	0.25
		GSI	75	65	48	38
	FRACTURADO /VETEADO - Plegado y fallado con muchas discontinuidades que se interceptan formando bloques angulares	m_b/m_i	0.24	0.17	0.12	0.08
		s	0.012	0.004	0.001	0
		a	0.5	0.5	0.5	0.5
		E_m	18000	10000	6000	3000
		v	0.25	0.25	0.25	0.3
		GSI	60	50	40	30
	MACHACADO - Poco encajado y muy roto con una mezcla de bloques angulares y redondeados	m_b/m_i	0.17	0.12	0.08	0.06
		s	0.004	0.001	0	0
		a	0.5	0.5	0.5	0.55
		E_m	10000	6000	3000	2000
		v	0.25	0.225	0.3	0.3
		GSI	50	40	30	20

Nota. Fuente: Hoek et al. 1994.

3.2 SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA

Con la clasificación geomecánica se evalúa las propiedades del macizo rocoso para poder determinar la calidad de la roca. Para poder caracterizar el macizo es necesario tener en cuenta la resistencia que presenta la roca, las familias de discontinuidades, así como su espaciamiento, orientación y las condiciones en las que se encuentran, las filtraciones que pueden encontrarse, así como presencia de agua, las tensiones, el índice RQD, las estructuras geológicas y fallas.

3.2.1 CLASIFICACIÓN BIENIAWSKI (RMR)

Esta clasificación fue introducida originalmente en 1973, sufriendo modificaciones 1976, 1979 hasta obtenerse la definitiva en 1989. Los parámetros que se utilizan para la clasificación denominada RMR se obtienen de la cuantificación numérica en cuanto a la calidad del macizo rocoso a partir de los siguientes parámetros:

- Resistencia matriz rocosa
- RQD
- Espaciamiento entre discontinuidades
- Condición de juntas
- Condición agua

3.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAUBSCHER (IRMR o MRMR)

Esta versión fue desarrollada en 1975, que introduce el índice MRMR (Mining Rock Mass Rating), que fue diseñada a partir de los estudios realizados por Bieniawski, pero este método toma un especial interés para clasificar el macizo rocoso en aplicaciones mineras mediante la siguiente fórmula, posteriormente en el 2001 Laubscher, D.H. and Jakubec, J. realizaron una modificación para definir un índice de calidad geomecánico-minero.

$$\text{MRMR} = \text{IRMR} \times \text{Factores de ajuste}$$

Para determinar el IRMR se utiliza la fórmula siguiente:

$$\text{IRMR} = \text{P}(\text{BS}) + \text{P}(\text{JS}) + \text{P}(\text{JC})$$

En donde:

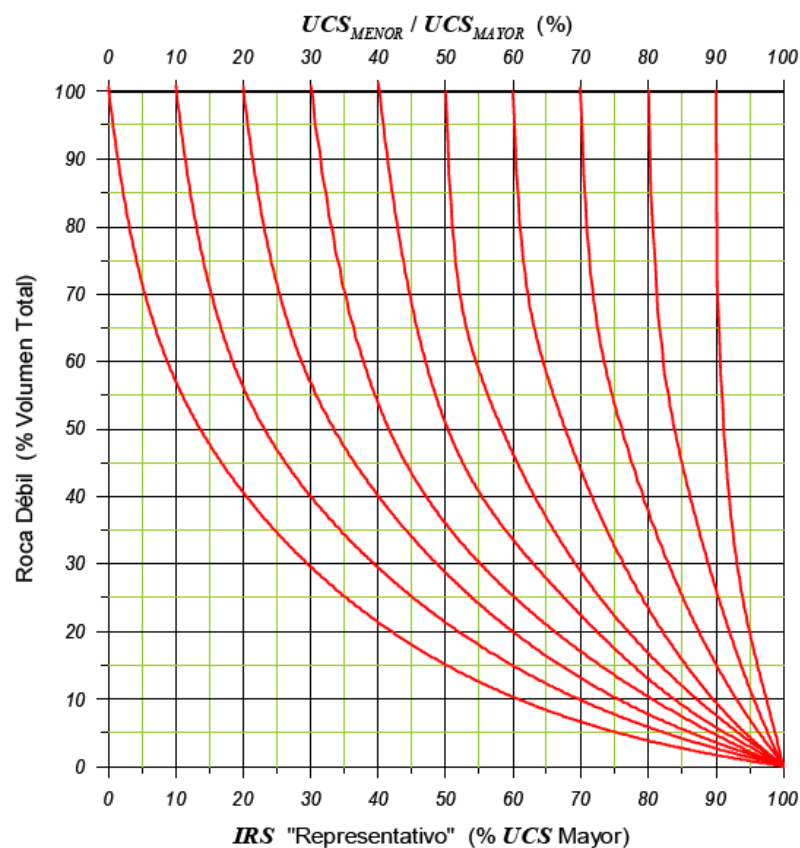
- **BS** es la Resistencia en compresión uniaxial de los bloques de roca que conforman el macizo rocoso, la cual depende de la resistencia de la roca intacta (denominada IRS en el método Laubscher), y la presencia de venillas. El puntaje asociado puede variar de 0 a 25.
- **JS** es el espaciamiento de las estructuras abiertas, que incluye una corrección para tomar en cuenta uno o más set de estructuras selladas, el puntaje varía de 3 a 35.
- **JC** es la condición de las estructuras con presencia de un set de estructuras, se califican en términos de rugosidad a escala intermedia y menor de la alteración de la roca de caja, el puntaje varía de 4 a 40.

Para determinar el IRS se toma en cuenta lo siguiente:

- Si el macizo rocoso es homogéneo, se toma el IRS igual como el resultado de la resistencia a la compresión uniaxial USC.
- Si el macizo rocoso es heterogéneo y presenta roca más débil, se determina en función al porcentaje del volumen y resistencia de los dos tipos de roca y por un ábaco.

Figura 19

Ábaco para determinar IRS



Nota. Fuente: Laubscher, D.H. and Jakubec, J. (2001)

Luego de determinar el IRS, se pasa a determinar el BS para nuestra ecuación inicial:

Si los bloques de roca que conforman el macizo rocoso no contienen estructuras menores, entonces BS se calcula ajustando el IRS por efecto del volumen

$$BS = 0.8 \times IRS$$

Si los bloques de roca que conforman el macizo rocoso contienen estructuras menores, entonces el BS se calcula ajustando el IRS por efecto de volumen y por la presencia de estas estructuras menores.

$$BS = 0.8 \times A_{BS} \times IRS$$

Donde A_{BS} es el ajuste que considera la frecuencia de estructuras menores y el tipo de relleno

Tabla 8

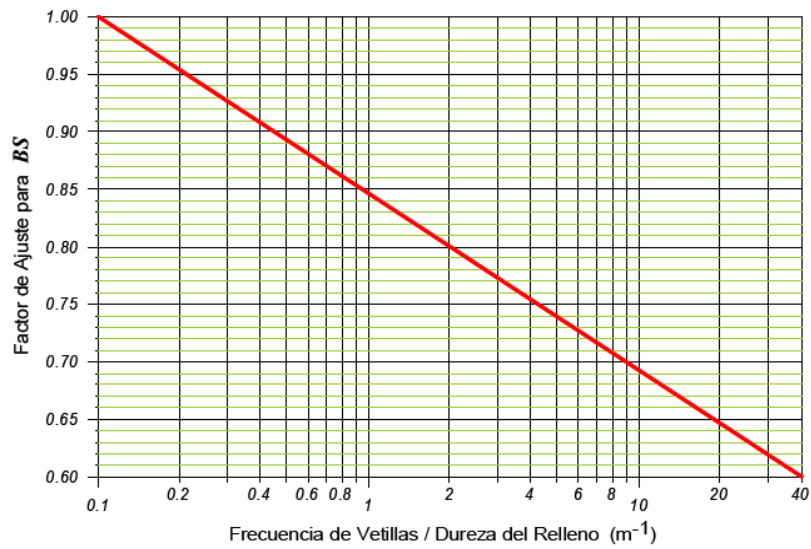
Inverso de dureza en materiales de relleno

MATERIAL DE RELLENO	DUREZA	INVERSO
Talco, Molibdenita	1	1.00
Yeso, Clorita	2	0.5
Calcita, Anhidrita	3	0.33
Fluorita, Calcopirita	4	0.25
Apatito	5	0.20

Nota. Fuente: Laubscher, D.H. and Jakubec, J. (2001)

Figura 20

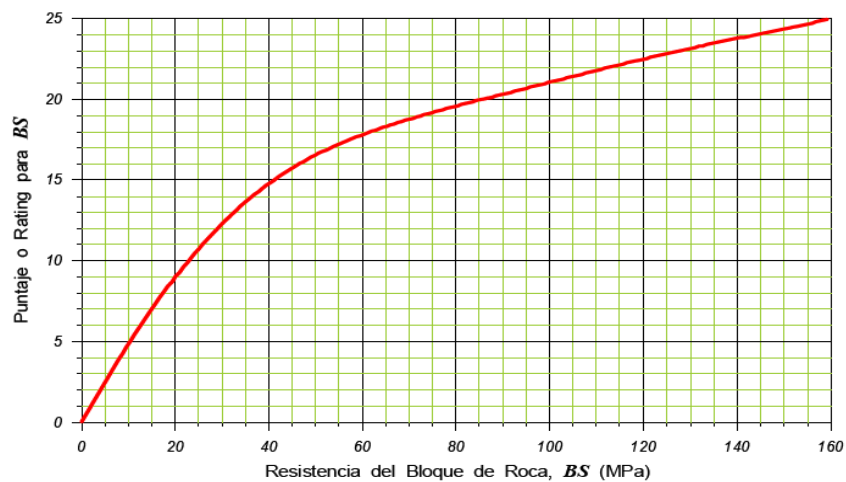
Gráfico para hallar el factor de ajuste para BS



Nota. Fuente : Laubscher, D.H. and Jakubec, J. (2001)

Figura 21

Curva para asignación de puntaje para BS



Nota. Fuente : Laubscher, D.H. and Jakubec, J. (2001)

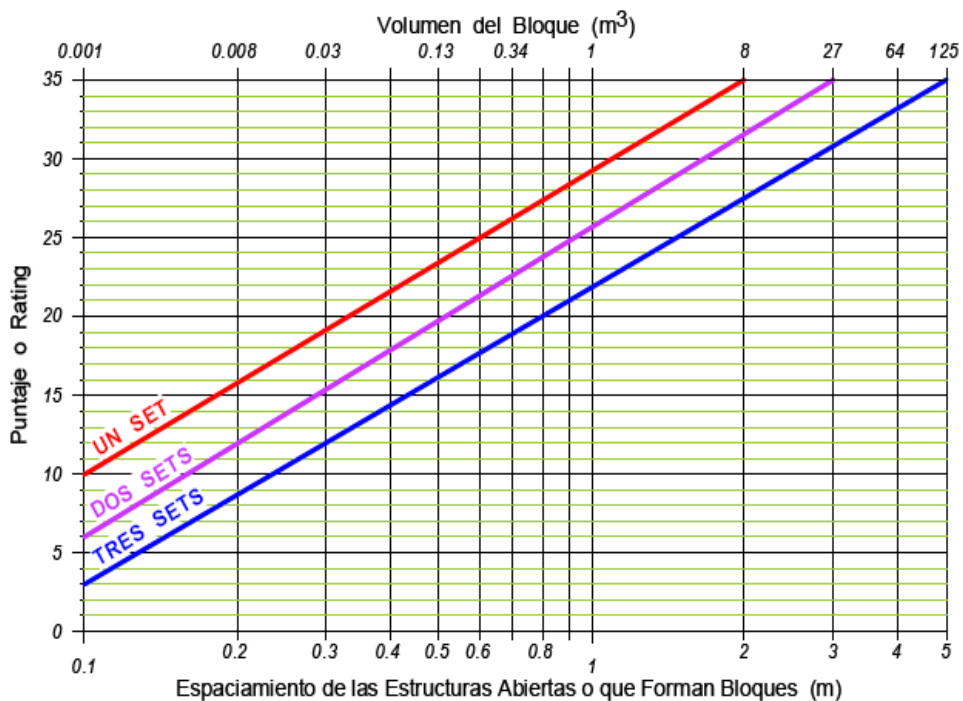
JS: Es el espaciamiento de las estructuras abiertas, que incluye una corrección para tomar en cuenta uno o más set de estructuras selladas, el puntaje varía de 3 a 35 y se determina de la siguiente ecuación.

$$P(JS) = AJS \times P0(JS)$$

Para calcular el puntaje se utiliza el ábaco representado en la figura 22

Figura 22

Ábaco para asignar puntaje asociado al JS

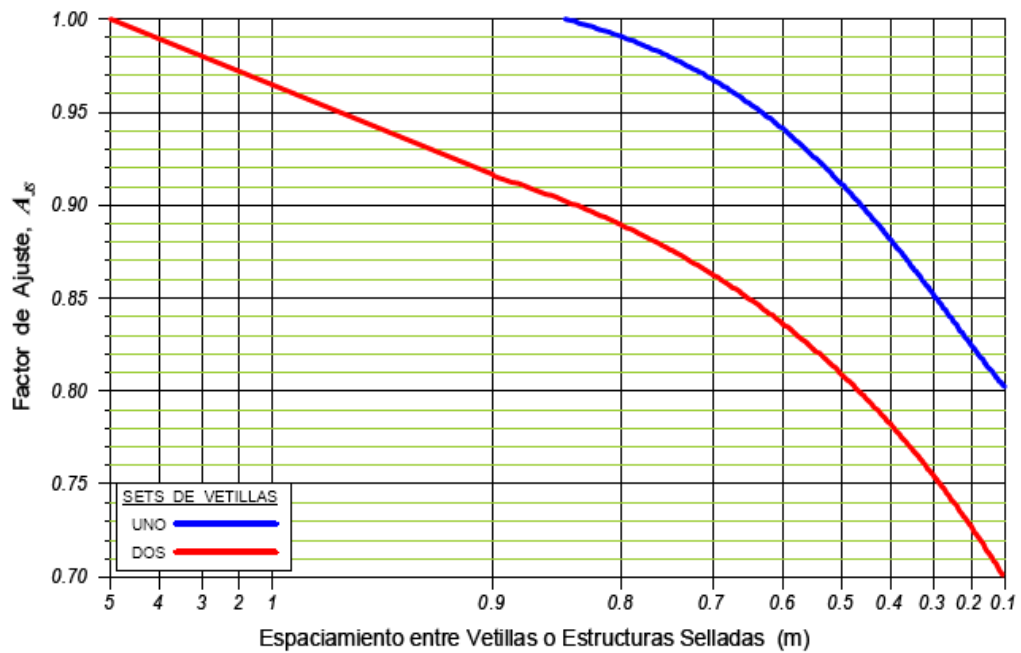


Nota. Fuente: Modificada de Laubscher, D.H. and Jakubec, J. (2001)

Luego se realiza el ajuste A_{JS} para modificar el puntaje o rating asociado a JS, donde se incluye el efecto de las venillas o estructuras selladas.

Figura 23

Ábaco para Factor de Ajuste AJS



Nota. Fuente: Modificada de Laubscher, D.H. and Jakubec, J. (2001)

JC: Es la condición de las estructuras con presencia de un set de estructuras, se califican en términos de rugosidad a escala intermedia y menor de la alteración de la roca de caja, el puntaje varía de 4 a 40, determinada por la siguiente ecuación.

$$P(JC) = A_{JC} \times P_0(JC)$$

Para determinar el ajuste A_{JC} depende de las características de rugosidad y de alteración de la roca caja.

Tabla 9*Factores de ajuste para el puntaje asociado a JC*

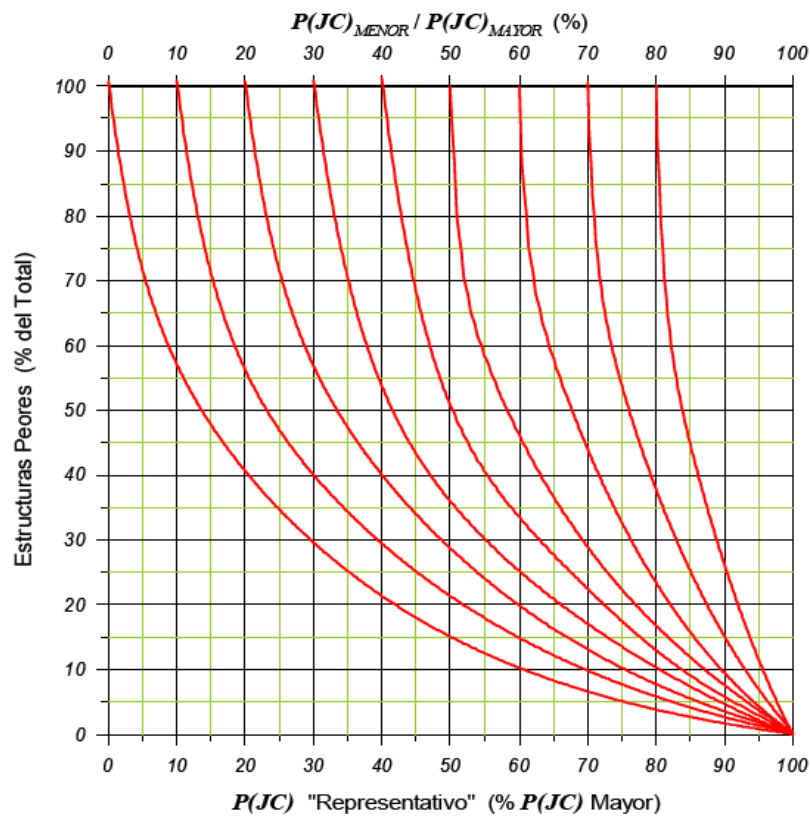
CARACTERÍSTICA DE LA ESTRUCTURA	AJUSTE A_{JC}
RUGOSIDAD A ESCALA INTERMEDIA	
Ondulosa - Multidireccional	1.00
Ondulosa - Unidireccional	0.95
Curva	0.90
Lisa - con pequeñas ondulaciones	0.85
RUGOSIDAD A ESCALA MENOR (200 mm x 2000 mm)	
Escalonada - rugosa / Irregular	0.95
Escalonada - lisa	0.90
Escalonada - pulida	0.85
Ondulada - rugosa	0.80
Ondulada - lisa	0.75
Ondulada - pulida	0.70
Plana - rugosa	0.65
Plana - lisa	0.60
Plana - pulida	0.55
ALTERACIÓN DE LA ROCA CAJA	
La roca de caja esta alterada y es más débil que el relleno	0.75
RELLENO DE SALBANDA	
Espesor del relleno < Amplitud asperezas de la caja	0.60
Espesor del relleno > Amplitud asperezas de la caja	0.30
ESTRUCTURAS CEMENTADAS CON RELLENO	
Dureza del material de relleno 5	0.95
Dureza del material de relleno 4	0.90
Dureza del material de relleno 3	0.85
Dureza del material de relleno 2	0.80
Dureza del material de relleno 1	0.75

Nota. Fuente: Laubscher, D.H. and Jakubec, J. (2001)

Cuando se trata de un macizo de varios sets de estructuras se califican todos los sets, y con el mejor y el peor de ellos se utiliza el ábaco representado en la figura 24.

Figura 24

Ábaco para obtener $P(JC)$ en macizo de varios sets de estructuras



Nota. Fuente: Modificada de Laubscher, D.H. and Jakubec, J. (2001)

Una vez hallado el BS, JS y el JC y calcular el IRMR, pasamos al ajuste de la clasificación para determinar el MRMR; es necesario considerar los siguientes ajustes:

- Factores de ajuste por intemperización

Afecta notablemente a las condiciones estructurales y la resistencia de los bloques de roca; para hallar el factor de ajuste se emplea la siguiente tabla:

Tabla 10*Factores de ajuste por intemperización*

GRADO DE INTEMPERISMO	TIEMPO DE INTEMPERISMO (años)				
	0.5	1	2	3	≥4
No hay intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en suelo residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38

Nota. Fuente: Laubscher, D.H. and Jakubec, J. (2001)

- Factores de ajuste por orientación de estructuras

El efecto de la orientación de las estructuras depende del número de sets estructurales, el ajuste está dado por la siguiente tabla:

Tabla 11*Factores de ajuste por orientación de estructuras*

NÚMERO DE ESTRUCTURAS QUE DEFINEN EL BLOQUE	NÚMERO DE CARAS DEL BLOQUE INCLINADAS CON EL VERTICAL	RATING ASOCIADO A JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
	2	0.85	0.90	0.95
5	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

Nota. Fuente: Laubscher, D.H. and Jakubec, J. (2001)

- Factores de ajuste por voladura

Las voladuras pueden producir daños en el macizo rocoso, disminuyendo su resistencia, por tal motivo se utiliza un ajuste como se indica en la tabla siguiente.

Tabla 12

Factores de ajuste por voladura Factores de ajuste por voladura

TIPO DE VOLADURA	FACTOR DE AJUSTE
Excavación mecánica sin tronadura	1.00
Voladuras controladas (smooth – Wall blasting)	0.97
Voladuras convencionales de buena calidad	0.94
Voladuras de mala calidad	0.80

Nota. Fuente: Laubscher, D.H. and Jakubec, J. (2001)

- Factores de ajuste por agua

La presencia de aguas en las estructuras del macizo rocoso puede llegar a afectar en forma importante a la resistencia, y se ajusta por medio de la siguiente tabla:

Tabla 13

Factores de ajuste por agua

CONDICIÓN	FACTOR DE AJUSTE
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltración de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MP	0.90 a 0.80
Infiltración > 125 lt/min, con presiones > 5 MP	0.70 a 0.80

Nota. Fuente: Laubscher, D.H. and Jakubec, J. (2001)

Después de determinar los justes nuestra ecuación para la determinación de MRMR sería:

$$MRMR = IRMR \times \text{Factores de ajuste}$$

3.2.3 CLASIFICACIÓN GSI (GEOLOGICAL STRENGTH INDEX)

Este método fue desarrollado por Hoek en el año 1994, este método está basado por parámetros muy importantes, la resistencia y la deformidad del macizo rocoso:

RMS Es la estructura del macizo rocoso referida a la blocosidad y trabazón.

JC Es la condición de las estructuras o discontinuidades.

Para determinar el índice de GSI, no es necesario un trabajo de cálculo, ya que el valor es obtenido directamente de la carta de evaluación del índice de calidad de roca por la comparación in situ con los casos que se muestran en la carta.

3.2.4 CLASIFICACIÓN Slope Mass Rating (SMR)

La clasificación geomecánica Slope Mass Rating (SMR), fue establecida por Romana (1985), está basada en el índice Rock Mass Rating (RMR), al cual modifica a través de una serie de factores de corrección con el fin de adaptarla para su uso en taludes. El índice SMR se obtiene a partir del RMR básico del macizo rocoso mediante la aplicación de: • un factor de ajuste (que es producto de tres subfactores, F1, F2 y F3) dependiente de las orientaciones relativas del talud y de las discontinuidades • y de otro factor (F4) que es función del método de excavación empleado en la ejecución del talud.

$$SMR = RMR_{89} + F_1 \cdot F_2 \cdot F_3 + F_4$$

El primer sumando debe ser siempre negativo y el F4 no.

3.2.5 CLASIFICACIÓN Q-SLOPE

La clasificación geomecánica Qslope ha sido desarrollada por Barton y Bar, publicada por primera vez en 2015. Se basa en el índice Q, pero a diferencia del SMR no considera factores de corrección sobre la clasificación “madre” sino que tiene una serie de factores nuevos no considerados en la clasificación original.

El índice Q-slope utiliza los seis parámetros del índice Q, pero no exactamente igual en todos ellos. La fórmula del Q-slope es la siguiente:

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$

Donde:

El RQD, J_n, J_r y J_a son los mismos.

Sin embargo, se emplea un factor de corrección por orientación denominada O factor, J_w pasa a denominarse J_{wice} y el factor por corrección de efectos tensionales “SRF” tiene 3 formas de calcularse.

Al igual que en el índice Q, cada uno de los tres bloques de factores representan tres parámetros:

- Tamaño del bloque: (RQD/J_n)
- Resistencia al corte, el más desfavorable (J_r/J_a) o la resistencia al corte media en el caso de cuñas (J_r/J_a)₁ x (J_r/J_a)₂ para cada una de las dos familias de cuñas que forman el diedro.
- Factores externos y estado tensional: J_{wice}/SRF_{slope}

La resistencia al corte de las juntas se define de forma aproximada como:

$$\tau = \sigma n \times \tan^{-1} \left(\frac{J_r}{J_a} \right)$$

Los parámetros RQD, J_n, J_r y J_a son los mismos que en el índice Q, así que podemos usar las tablas que habitualmente empleamos para ellos.

3.3 TIPOS DE ROTURA EN TALUDES

Está relacionado con el grado de fracturamiento del macizo rocoso y también de la distribución de las discontinuidades y su orientación.

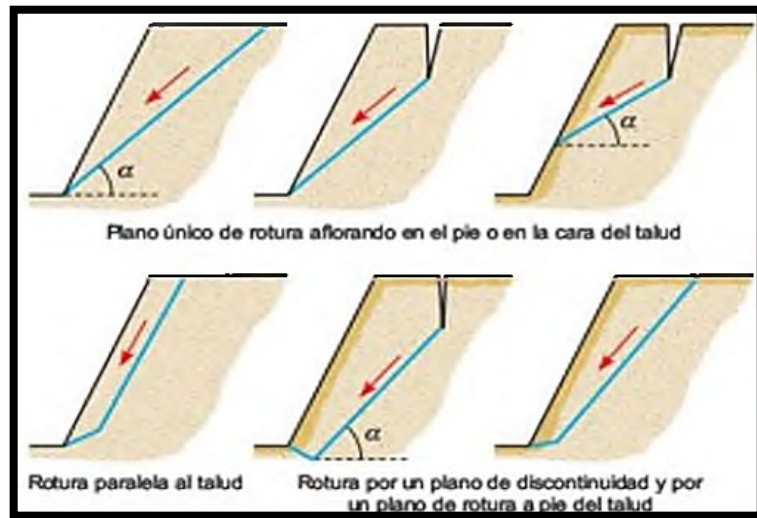
Los tipos de rotura más comunes en las rocas son:

3.3.1 ROTURA TIPO PLANAR

Se genera a favor de la superficie, a través de una discontinuidad o superficie plana preexistente, las discontinuidades pueden ser: Planos de estratificación, planos de falla, juntas tectónicas, entre otros. Las discontinuidades buzcan a favor del talud y presentan la misma dirección, el ángulo de buzamiento de la discontinuidad debe ser mayor al ángulo de rozamiento interno. Existen diferentes tipos de roturas planas, las más comunes pueden ser las roturas por un plano que aflora en la cara o pie de talud, con o sin grieta de tracción. O rotura por un plano paralelo a la cara del talud, por erosión o pérdida de resistencia de pie. (González de Vallejo, 2004).

Figura 25

Tipos de rotura plana



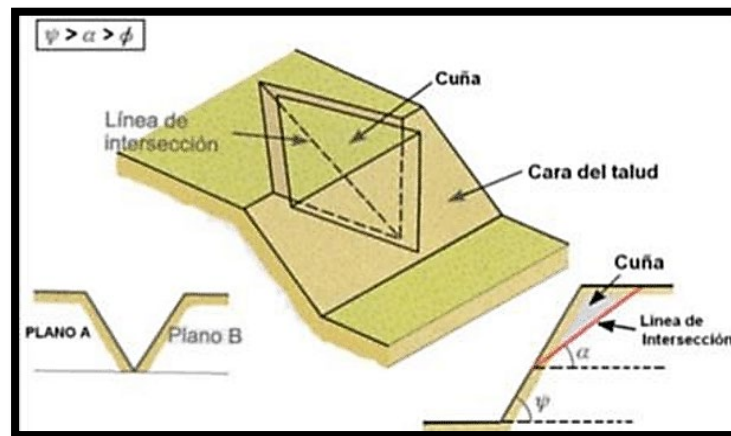
Nota. Fuente: Libro Ingeniería geológica – Gonzáles de Vallejo, L. et al (2004)

3.3.2 ROTURA TIPO CUÑA

Según Gonzáles de Vallejo, (2004). El deslizamiento del bloque ocurre a favor de una cuña que se forma por la intersección de dos planos de discontinuidad. Para que se produzca este tipo de rotura, los dos planos deben aflorar en la superficie del talud. Este tipo de rotura suele presentarse en macizos con varias familias de discontinuidades, cuya orientación, espaciado y continuidad determina la forma y el volumen de la cuña. (Gonzáles de Vallejo L., et al 2004).

Figura 26

Tipos de rotura en cuña



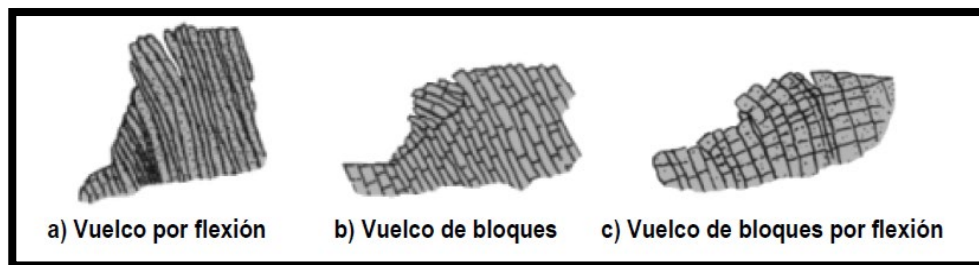
Nota. Fuente: Libro Ingeniería geológica – Gonzáles de Vallejo L., et al 2004

3.3.3 ROTURA TIPO TOPPLING

Llamadas también roturas por vuelco de taludes generalmente se dan cuando el rumbo del plano de discontinuidad se aproxima con el del plano del talud y tiene un fuerte buzamiento hacia el interior del macizo rocoso. Cuando el macizo rocoso presenta un conjunto de paquetes que quedan en voladizo, se produce el vuelco por flexión, puede aparecer una familia de discontinuidades conjugada con la principal, produciéndose en este caso un vuelco de bloques o un vuelco de bloques por flexión. (Gonzáles de Vallejo L., et al 2004).

Figura 27

Tipos de rotura tipo toppling o de vuelco



Nota. Fuente: Ingeniería geológica – Gonzáles de Vallejo L., et al 2004

3.3.4 ROTURA TIPO CIRCULAR

La rotura circular o también llamada curva se puede generar en macizos rocosos blandos poco competentes, así como en macizos que se encuentran intensamente fracturados o muy alterados. Ocurre en una superficie de deslizamiento interna, de forma más o menos cóncava y redondeada. La mayoría de las teorías para su análisis parten de la hipótesis de que la superficie de rotura o deslizamiento es circular. Los círculos de rotura suelen estar por el pie del talud. La naturaleza del movimiento es más o menos rotacional sobre un eje acondicionado paralelamente al talud.

Figura 28

Rotura circular o curva



Nota. Fuente: Goodman, R.E., Bray J.W. (1977)

3.4 ÍNDICE DE VOLABILIDAD

Unos de los factores que desencadenan inestabilidades a nivel de banco y multibanco, son los procesos de voladura sin control, el cual altera y daña al macizo rocoso activando mecanismos de fallas predispuestos en el yacimiento; por tal razón una buena descripción y conocimiento del macizo rocoso son herramientas fundamentales que contribuyen al control de daño al talud.

Los macizos rocosos están compuestos por varios tipos de roca de diferentes características geomecánicas, las cuales forman parte principal del conocimiento y entendimiento para el éxito de una voladura, mientras que las voladuras forman parte fundamental de los procesos productivos de una cadena de valores en minería, ya que estas, proporcionan el tamaño de bloque apropiado y óptimo para el acarreo, transporte, chancado y planta (mine to mill). Por lo tanto, existen métodos para

describir las características geomecánicas de un macizo rocoso en forma cuantitativa. Unos de los métodos más empleados para voladura, es el método de Lilly (1986 y 1992), en el cual desarrolla un sistema de clasificación de macizos rocosos para el uso en la Ingeniería de Voladuras denominado índice de Volabilidad (Blasting Index).

3.4.1 VARIABLES GEOMECÁNICAS

En este método, el autor considera cinco parámetros principales del macizo rocoso que contribuyen significativamente al rendimiento de una voladura como son:

- La naturaleza estructural del macizo rocoso (RMD): Que se describen desde un macizo polvoriento de muy mala calidad, en bloques y si es masivo.
- Espaciamiento de los planos de las juntas (JPS): Que se describen en juntas cercanas, intermedias y anchas.
- Orientación de los planos de Juntas (JPO): Describe si las juntan presentan una orientación horizontal, buzamiento de la cara, buzamiento normal y buzamiento en la cara.
- Influencia de la densidad de la roca (SGI): Se describe la densidad de la roca expresada en $RDI=25(D)-50$ donde D es la densidad de la roca en (t/m³).
- Resistencia de la roca (S): La influencia de la resistencia de la roca se estima mediante $S=0.05(UCS)$, donde el UCS es la resistencia a la compresión uniaxial expresada en MPa.

Tabla 14*Parámetros de evaluación para cálculo de índice de volabilidad*

	PARÁMETRO	VALORACIÓN
	Descripción del macizo rocoso (RMD)	
	Quebradizo/desmenuzable	10
	Bloques	20
	Masivo	50
	Espaciamiento de los planos de juntas (JPS)	
	Cercanos (<0.10 m)	10
	Intermedio (0.1 a 1.0 m)	20
	Amplio (>1.0 m)	50
	Orientación de los planos de Juntas (JPO)	
	Horizontal	10
<i>Nota.</i>	Inclinación hacia fuera de la cara	20
	Rumbo normal a la cara	30
	Inclinación hacia dentro de la cara	40
	Influencia de la densidad (SGI)	SGI=25*SG-50
	Resistencia de la roca (S)	S=0.05*(UCS)

Fuente: Lilly 1986

3.4.2 MÉTODO DE LILLY

Según Lilly (1986), el índice de Volabilidad se desarrolló inicialmente para ayudar con el diseño de voladuras en los macizos rocosos encontrados en las minas de mineral de hierro de Pilbara, como referencia se tiene el índice de volabilidad alrededor de 20 para algunas lutitas blandas y hasta un máximo de 100 para las capas de roca extremadamente resistentes y masivas.

Hoy en día, dicho método viene siendo aplicado en los diseños de voladuras e incluso en algunos softwares de modelamiento y predicción como es el caso del JKsimblast, I-Blast, entre otros. Para la evaluación desde punto de vista de la ingeniería geológica, es necesario identificar los tipos de litología, mapear las principales discontinuidades, e identificar los principales sistemas de juntas.

Lilly (1986), ha definido como índice de volabilidad “BI” (Blastability Índice) una ecuación que se obtiene como suma de los valores representativos de cinco parámetros geomecánicos:

$$BI = 0.5*(RMD+JPS+JPO+SGI+S)$$

Donde:

RMD = Descripción del macizo rocoso

JPS = Espaciamiento de las juntas

JPO = Orientación de las juntas

SGI = Influencia de la densidad. $SGI = 25*SG - 50$ (SG=Peso específico)

S = Resistencia de la roca. $S=0.05*(UCS)$

En la tabla 14, descrita anteriormente, se encuentran los valores asignados para el cálculo de índice de volabilidad, de acuerdo con cada parámetro.

Según López Jimeno C., et al (2006), en el manual de perforación y voladura se describe que el índice de volabilidad propuesto por Lilly (1986), nos sirve para calcular el factor de roca y este factor es una variable para predecir la fragmentación.

Lilly relacionó el índice de volabilidad a una constante de la roca, llamado

$$\text{Factor de roca (A).} \quad A = 0.12 \text{ BI}$$

Además de este índice, a partir de Bi se obtiene parámetros standard asociados a factores de Energía (FE) y Factor de Carga (FC), que son necesarios para fracturar la roca:

- Factor de Energía: Es un parámetro, el cual nos permite establecer una cantidad de energía que se utiliza para la fragmentación de una tonelada de mineral o material estéril. $FE = 0.015 \text{ BI (MJ/ton)}$.
- Factor de Carga: Es la cantidad de explosivo en kilogramos que se necesita para mover una tonelada de material. $FC = 0.004 \text{ BI (Kg. Anfo /ton)}$.

Diseño de malla de perforación para voladura

Una vez definidas las unidades que muestran el comportamiento del macizo rocoso, las consideraciones de distribución de bloque in-situ y el factor de carga a aplicar en cada zona, se puede desarrollar un diseño de malla de perforación y voladura. Estos diseños pueden utilizarse como una primera aproximación, por lo que pueden darse variaciones por las condiciones particulares de cada banco. Según el manual de voladura de EXSA (2001), el diseño de la malla de perforación se realiza a partir del factor de carga:

$$Ce = FC + (0,03 \times L) + (0,40/AV)$$

Esto está en función de la roca, longitud de perforación y anchura de voladura.

Ce: Consumo específico de diseño en el fondo del taladro y en un quinto de la longitud de este. Está expresado en kg/m³, de explosivo de alta potencia.

FC: Factor de carga base de la roca

L: Longitud de los taladros, en m.

AV: Ancho de avance vertical, en m.

Tabla 15

Tabla de consumo específico

TIPOS DE ROCA	CONSUMO ESPECÍFICO BASE (kg/m ³)
Fisurada	0.60
Con juntas	0.55
Fracturada	0.50
Relativamente homogénea	0.45
Homogénea y dura	0.40
Blanda y homogénea	0.35

Nota. Fuente: Manual de voladura – EXSA

A partir de la concentración lineal de carga “q” que se espera alcanzar, se calcula:

$$E \times B = (q/CE) \text{ (kg/m / kg/m}^3\text{)}$$

Los valores de burden (B) y espaciamiento (E), cumplen la siguiente relación:

(cuando E =2, B suele obtenerse buenos resultados). $(E/B) = 1,3 \text{ a } 2$

Para disminuir los costos de perforación, es preciso aprovecharla al máximo, basándose en sistemas mecanizados de carga.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

4.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo con la finalidad de la investigación, sus objetivos y la naturaleza del problema, se identifica que es una investigación aplicada de nivel explicativo. Según Hernández, R., et al (2010), en el libro “metodología de la investigación” explica que el alcance de la investigación explicativa está dirigido a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Se enfoca en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables.

Como método general de investigación se considera como método científico, su método específico sería experimental con un diseño de investigación preexperimental.

Según Arias Fidias (2012), en su libro “El Proyecto de Investigación, Introducción a la metodología científica”, indica que la investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente).

4.2. UNIDAD DE ESTUDIO

La investigación se llevará a cabo en el departamento de Tacna, específicamente en el distrito de Ilabaya en la unidad minera Toquepala, perteneciente a la empresa Grupo México Minería Southern Perú.

4.3. POBLACIÓN

La población en este estudio está constituida por el banco del nivel 3265 y del nivel 3325 en el lado norte y noroeste.

4.4. MUESTRA

Se toman los datos necesarios para el estudio en campo, mediante mapeo geomecánico y estructural, así como la toma de muestras para realizar posteriormente ensayos de laboratorio. Este mapeo se realizará en el nivel 3265 lado norte y noroeste por medio de 6 celdas en cada lado, de la misma manera 12 celdas en total en el nivel 3325 lado norte y noroeste.

4.5. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 16

Esquema de operacionalización de variables.

VARIABLES	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE Clasificaciones geomecánicas	La clasificación geomecánica evalúa las propiedades del macizo rocoso para poder determinar la calidad de la roca.	Para evaluar las clasificaciones geomecánicas, se tomarán datos de campo en el talud donde se realizará el estudio, realizando mapeo geomecánico estructural y tomando muestras para realizar ensayos en laboratorio.	Clasificación de Bieniawski (RMR)	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia matriz rocosa • RQD • Espaciamiento entre discontinuidades • Condición de juntas • Condición agua
			Clasificación de Laubscher (RMRM)	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia a la compresión uniaxial • Espaciamiento entre diaclasas • Condición de discontinuidades y presencia de agua
			Clasificación GSI	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura del macizo rocoso • Condición de estructuras
			Clasificación Slope mass rating (SMR)	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia matriz rocosa • Espaciamiento entre discontinuidades • Condición de juntas • Condición agua • Factor de corrección
			Clasificación Q – slope	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño del bloque • Resistencia al corte • Factores externos y estado tensional

VARIABLE DEPENDIENTE Control de voladura	Consiste en técnicas de control energético y vibración a partir de la información geomecánica del macizo rocoso.	Para evaluar el control de voladura, se procederá a realizar cálculos, con los datos obtenidos en campo y laboratorio utilizados en la clasificación geomecánica.	Parámetros geomecánicos para Voladura	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de volabilidad de Lillys • Factor de energía
---	--	---	---------------------------------------	--

Nota. Fuente: Elaboración propia.

4.6. PROCEDIMIENTO DE CAMPO

4.6.1. TOMA DE DATOS

Al llegar a la zona de estudio, se observa en campo como se encuentra el macizo rocoso, se escoge una zona característica donde se toman los datos para luego realizar las clasificaciones geomecánicas de los diferentes métodos a emplearse. El mapeo geomecánico consta de varias actividades para poder llegar finalmente a su clasificación, en campo se describen las estructuras encontradas, este trabajo se realiza por celdas, las cuales deben ser representativas con respecto a las condiciones estructurales, tipo de roca, etc. Se debe revisar que la roca posea el mismo carácter en toda la celda. Para caracterizar adecuadamente la roca, se recomienda hacer más celdas, si las condiciones de la roca cambian.

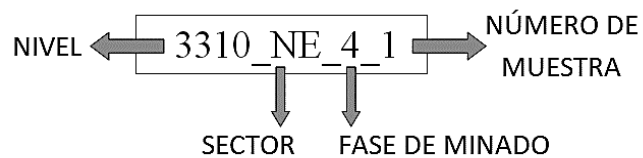
4.6.2 MUESTREO Y ENSAYOS DE LABORATORIO

En cada celda donde se realiza el mapeo se toman muestras para poder realizar el ensayo de carga puntual y hallar su resistencia.

Los ensayos de carga puntual se realizan en laboratorio, cada celda debe tener de 4 a 5 muestras.

Entonces, se saca muestras de la celda mapeada, que midan aproximadamente 10 cm de largo y de espesor 4 cm, que no sobrepasen dichas medidas para que sean así fácilmente ensayadas.

Se codifican como el siguiente ejemplo:



Cuando ya se tiene todas las muestras correctamente marcadas, se llevan al laboratorio.

4.7. PROCEDIMIENTO DE GABINETE

Una vez realizada la toma de datos y los ensayos de laboratorio se realiza los estereogramas de las diaclasas y de las fallas, por cada celda realizada, este trabajo se realiza mediante el software Dips.

Con los datos obtenidos se realizan las diferentes clasificaciones para luego compararlas y determinar cuál es más útil para aplicarla en los parámetros de voladura, se calcula el índice de volabilidad y el factor de energía de la voladura.

CAPÍTULO V

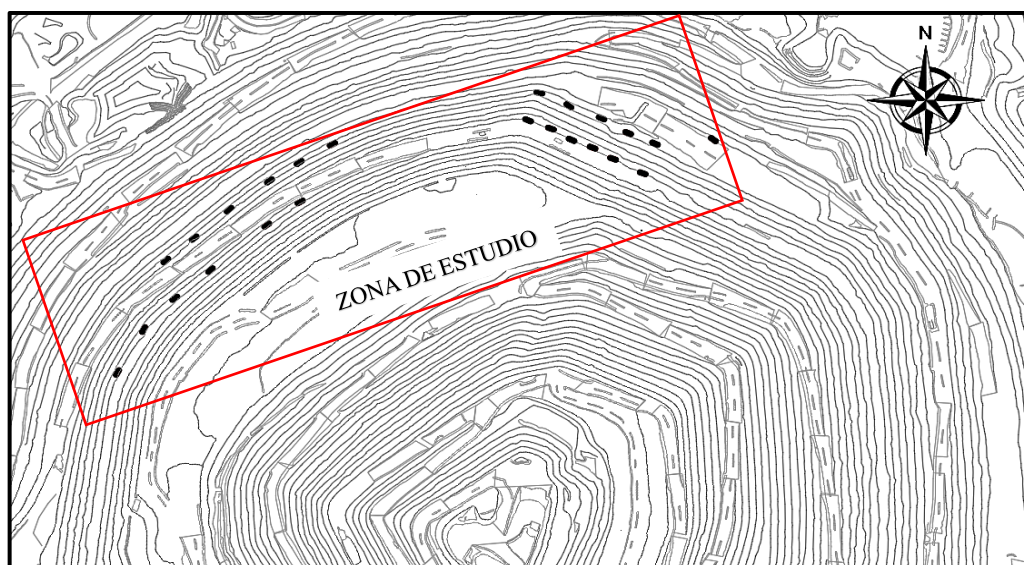
RESULTADOS

5.1. RESULTADOS DE LAS CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS.

Se ha realizado el mapeo de 24 celdas en campo, aplicando cinco tipos de clasificación en cada una, con la finalidad de identificar cuál de los métodos es el más apropiado para utilizarlo con fines de diseño de voladura, en Anexos 4 se puede observar las tablas de cada clasificación. En el Anexo 1-07 se puede observar el Mapa de ubicación de las Celdas. Se ha realizado ensayos de carga puntual en laboratorio, para poder obtener la resistencia de la roca de cada mapeo (Anexo 2), también se ha realizado estereogramas mediante el software Dips, los cuales nos ayudan a identificar la distribución espacial de las estructuras e identificar los probables mecanismos de falla, estos se encuentran en Anexos 3.

Figura 29

Zona de estudio



En la tabla 17 podemos observar un cuadro resumen con los resultados de las 5 clasificaciones por cada Celda.

Tabla 17

Tabla comparativa de resultados de clasificaciones geomecánicas

CELDA	TIPO LITOLÓGIA	RMR	MRMR	GSI	SMR	Q SLOPE
3265_N_4_20	Dacita Aglomerada	63	60	50-60	63	Stable Slope
3265_N_4_21	Dacita Aglomerada	72	67	75-85	55	Slope stability uncertain
3265_N_4_22	Dacita Aglomerada	66	66	55-65	65	Slope stability uncertain
3265_N_4_23	Dacita Aglomerada	50	48	40-45	38	Unstable slope
3265_N_4_24	Dacita Aglomerada	66	60	65-75	47	Unstable slope
3265_N_4_25	Cuarzo Quellaveco	57	44	50-60	54	Slope stability uncertain
3265_NO_5_1	Diorita	73	65	65-75	59	Stable Slope
3265_NO_5_2	Diorita	79	69	70-80	68	Stable Slope
3265_NO_5_3	Diorita	67	62	60-70	60	Stable Slope
3265_NO_5_4	Diorita	59	59	45-55	69	Slope stability uncertain
3265_NO_5_5	Diorita	76	71	70-80	53	Stable Slope
3265_NO_5_6	Diorita	73	68	65-75	48	Slope stability uncertain
3325_N_5_1	Brecha	61	49	60-70	58	Stable Slope
3325_N_5_2	Brecha	54	47	50-60	59	Stable Slope
3325_N_5_3	Dacita Aglomerada	67	61	60-70	68	Stable Slope
3325_N_5_4	Brecha	50	42	45-55	51	Slope stability uncertain
3325_N_5_5	Brecha	67	60	55-65	59	Stable Slope
3325_N_5_6	Cuarzo Quellaveco	57	54	50-60	40	Stable Slope
3325_NO_5_11	Diorita	71	65	65-75	54	Stable Slope
3325_NO_5_12	Diorita	53	54	45-55	63	Slope stability uncertain
3325_NO_5_13	Diorita	52	50	45-55	51	Slope stability uncertain
3325_NO_5_14	Diorita	41	41	35-45	12	Unstable slope
3325_NO_5_15	Diorita	56	54	50-60	53	Slope stability uncertain
3325_NO_5_16	Diorita	58	58	50-60	56	Slope stability uncertain

Nota. Fuente: Elaboración propia. (Ver Anexos)

MÉTODO DE BIENIAWSKI:

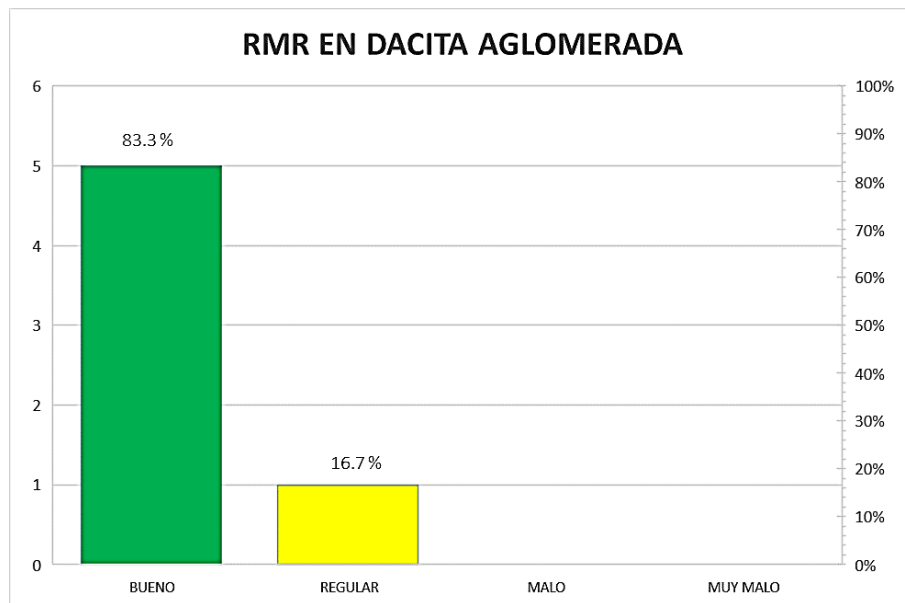
Como se puede observar en la tabla 17, En el nivel 3265 lado Norte se clasificó 4 celdas de buena calidad geomecánica o de tipo IV y 2 celdas de regular calidad geomecánica o de tipo III, asimismo del nivel 3325 se clasificó 3 celdas de buena calidad geomecánica y 3 de regular calidad. Del nivel 3265 lado Noroeste se clasificó 5 celdas de buena calidad geomecánica y 1 celda de regular calidad geomecánica, asimismo del nivel 3325 se clasificó 1 celda de buena calidad geomecánica y 5 de regular calidad.

En las siguientes figuras se agrupan las clasificaciones por tipo de litología, con la finalidad de identificar la diferencia que puede existir entre ellas.

En la figura 30 se observa que para el método RMR, en la Dacita Aglomerada se ha obtenido un 83.3 % de buena calidad, esto se encuentra asociado a la frecuencia de fracturamiento que varía de 2 a 3 fracturas por metro, asimismo se ha obtenido RQD mayor al 75 %. Se obtuvo el 16.7 % de regular calidad, esto asociado a la frecuencia de fracturamiento de 8 fracturas por metro y a un RQD de 50 %.

Figura 30

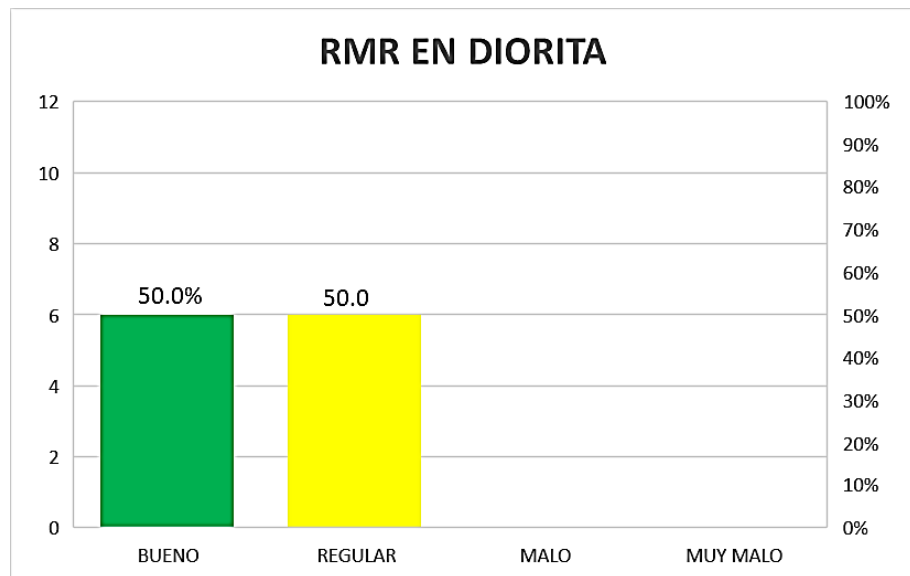
Gráfico porcentual de resultados RMR en Dacita Aglomerada



En la figura 31, observamos que en la clasificación RMR, para la Diorita se ha obtenido un 50 % de buena calidad, esto se encuentra asociado a la frecuencia de fracturamiento que varía de 2 a 3 fracturas por metro, asimismo se ha obtenido RQD mayor al 85 %. También se obtuvo un 50 % de regular calidad, esto asociado a la frecuencia de fracturamiento de 4 a 6 fracturas por metro y a un RQD entre 25 a 45 %.

Figura 31

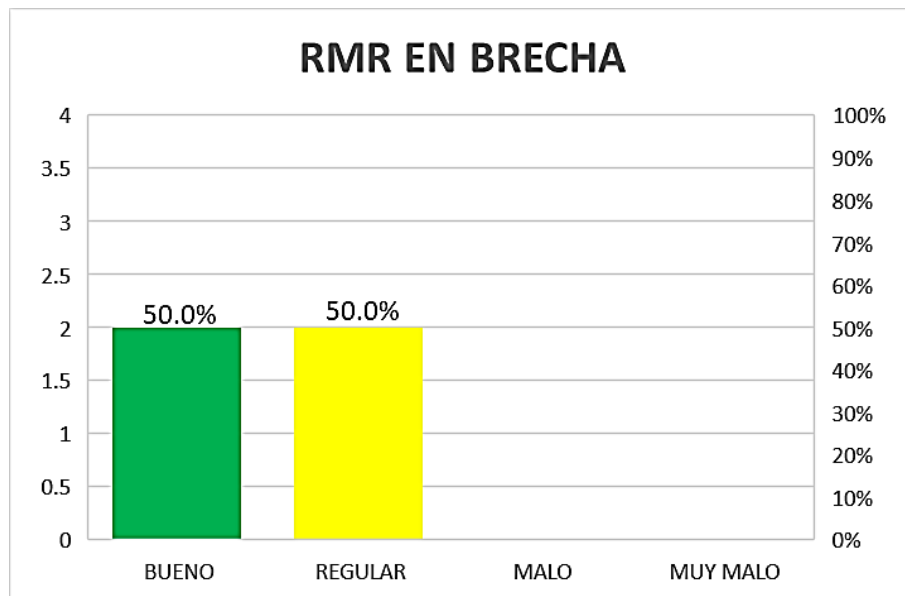
Gráfico porcentual de resultados RMR en Diorita



En la figura 32, se observa que en la clasificación RMR, para las Brechas se ha obtenido un 50 % de buena calidad esto se encuentra asociado a la frecuencia de fracturamiento de 2 fracturas por metro, asimismo se ha obtenido RQD de 90 %. También se obtuvo un 50 % de regular calidad esto asociado a la frecuencia de fracturamiento de 4 a 5 fracturas por metro y a un RQD entre 55 a 60 %.

Figura 32

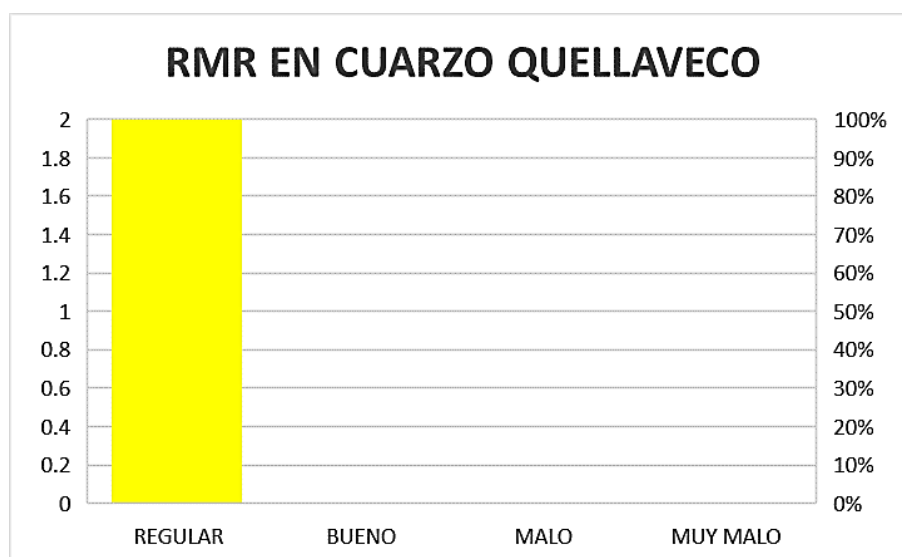
Gráfico porcentual de resultados RMR en Brecha



En la figura 33, para el Cuarzo Quellaveco se ha obtenido un 100 % de regular calidad esto asociado a la frecuencia de fracturamiento de 4 a 5 fracturas por metro y a un RQD entre 55 a 60 %.

Figura 33

Gráfico porcentual de resultados RMR en Cuarzo Quellaveco



MÉTODO DE LAUBSCHER:

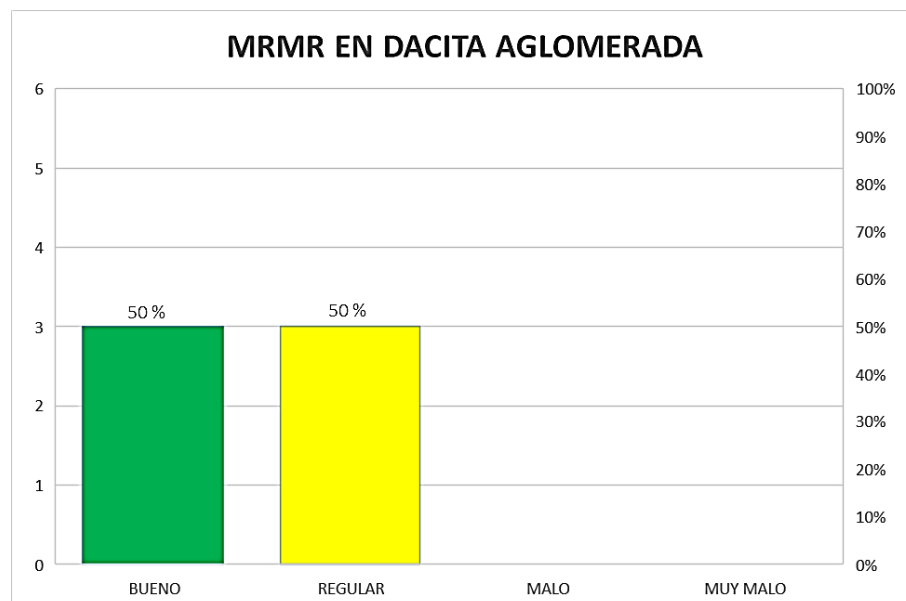
Del nivel 3265 lado Norte se clasificó 2 celdas de buena calidad geomecánica o de tipo IV y 4 celdas de regular calidad geomecánica o de tipo III, asimismo del nivel 3325 se clasificó 1 celda de buena calidad geomecánica o de tipo IV y 5 de regular calidad o de tipo III. Del nivel 3265 lado Noroeste se clasificó 5 celdas de buena calidad geomecánica o de tipo IV y 1 celda de regular calidad geomecánica o de tipo III, asimismo del nivel 3325 se clasificó 1 celda de buena calidad geomecánica o de tipo IV y 5 de regular calidad o de tipo III.

En las siguientes figuras se agrupará las clasificaciones por litología, con la finalidad de identificar la diferencia que puede existir entre ellas.

En la figura 34 observamos que en la clasificación MRMR, para la Dacita Aglomerada se ha obtenido un 50 % de buena calidad esto se encuentra asociado a la valoración que tiene en el espaciado de discontinuidades JS que varía entre los 16 a 28. También se obtuvo un 50 % de regular calidad esto encuentra asociado a la valoración que tiene en el espaciado de discontinuidades JS que varía entre los 15 a 21.

Figura 34

Gráfico porcentual de resultados MRMR en Dacita Aglomerada

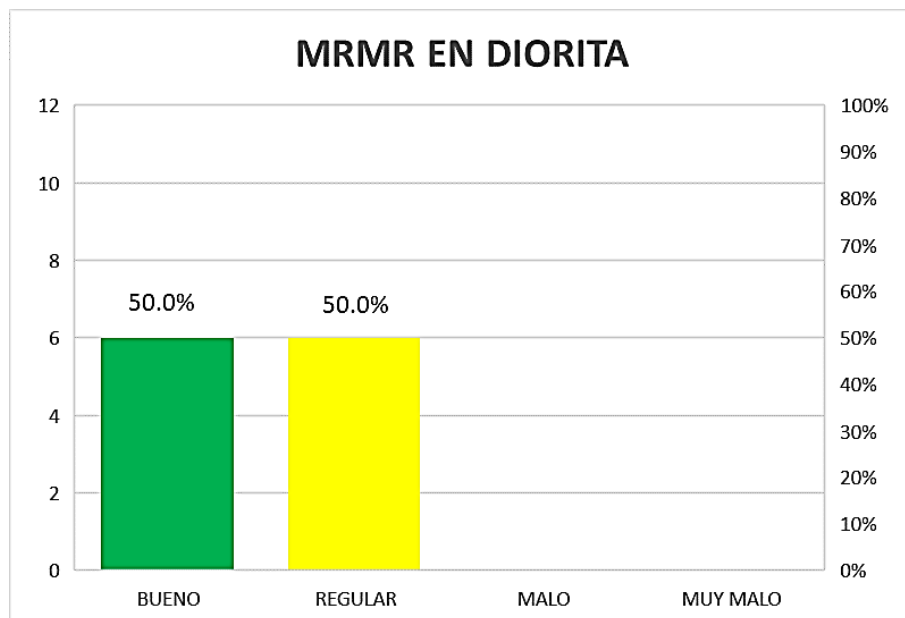


En la figura 35 observamos que en la clasificación MRMR, para la Diorita se ha obtenido un 50 % de buena calidad esto se encuentra asociado a la valoración que tiene la resistencia de la roca intacta que varía entre los 21 a 25 y la condición

de las discontinuidades que varían entre 33 a 40. También se obtuvo un 50 % de regular calidad esto encuentra asociado a la valoración que tiene en el espaciado de discontinuidades JS que varía entre los 8 a 14.

Figura 35

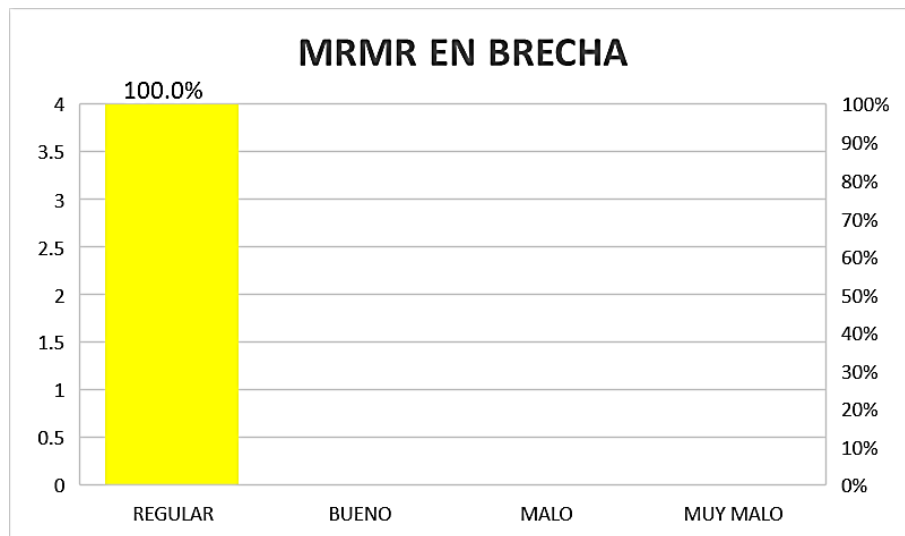
Gráfico porcentual de resultados MRMR en Diorita



En la figura 36 observamos que en la clasificación MRMR, para la Brecha se ha obtenido un 100 % de regular calidad esto encuentra asociado a la valoración que tiene en el espaciado de discontinuidades JS que varía entre los 8 a 14.

Figura 36

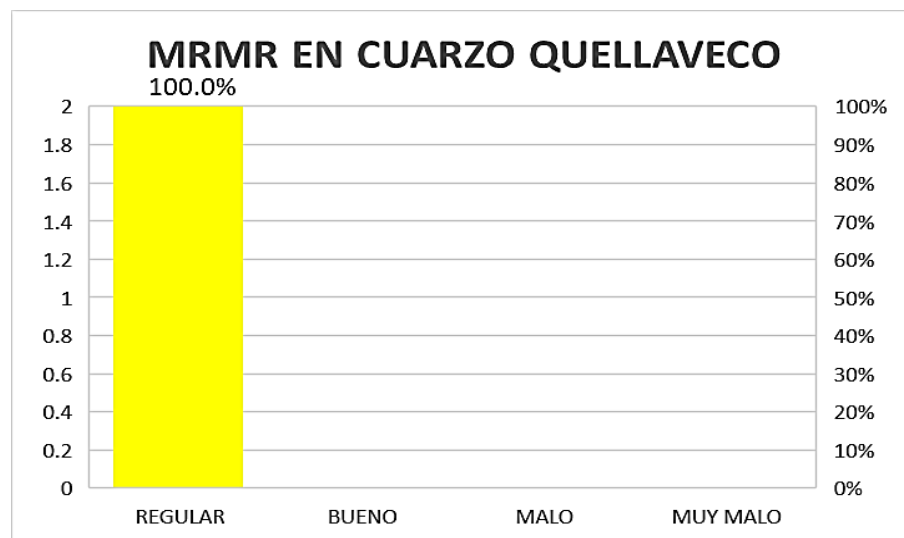
Gráfico porcentual de resultados MRMR en Brecha



En la figura 37 observamos que en la clasificación MRMR, para el Cuarzo Quellaveco se ha obtenido un 100 % de regular calidad esto encuentra asociado a la valoración que tiene en el espaciado de discontinuidades JS que varía entre los 8 a 14.

Figura 37

Gráfico porcentual de resultados MRMR en Cuarzo Quellaveco



MÉTODO DEL ÍNDICE DE RESISTENCIA GEOLÓGICA:

Del nivel 3265 lado Norte se clasificó 2 celdas de buena calidad geomecánica y 4 celdas de regular calidad geomecánica, asimismo del nivel 3325 se clasificó 2 celdas de buena calidad geomecánica y 4 de regular calidad.

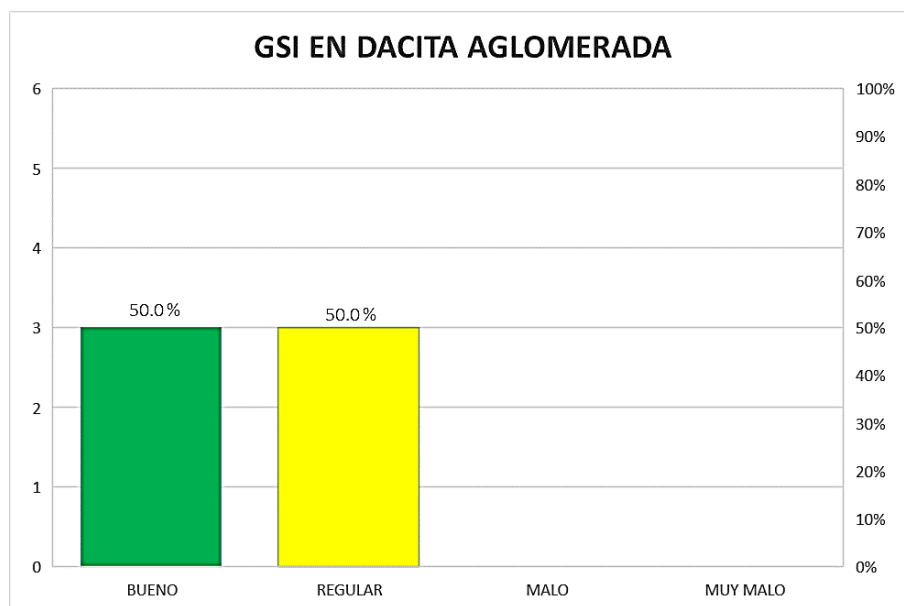
Del nivel 3265 lado Noroeste se clasificó 5 celdas de buena calidad geomecánica y 1 celda de regular calidad geomecánica, asimismo del nivel 3325 se clasificó 1 celda de buena calidad geomecánica y 5 de regular calidad.

En las siguientes figuras se agrupará las clasificaciones por litología, con la finalidad de identificar la diferencia que puede existir entre ellas.

En la figura 38, se observa que en los resultados del GSI para la Dacita Aglomerada se ha obtenido un 50 % de buena calidad, esto se encuentra asociado a que presenta blocosidad. También se obtuvo un 50 % de regular calidad, esto encuentra asociado a que tiene muy blocoso.

Figura 38

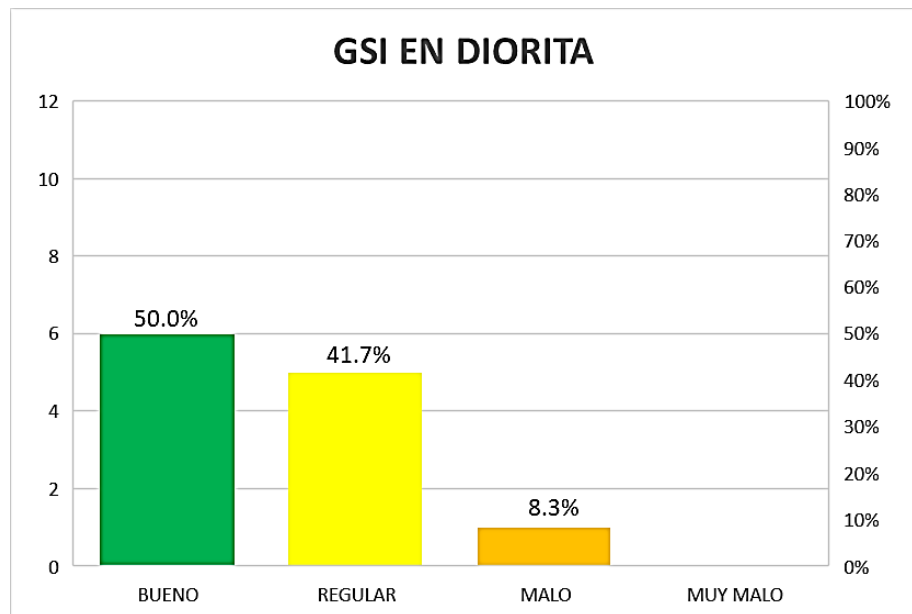
Gráfico porcentual de resultados GSI en Dacita Aglomerada



En la figura 39, se observa que en los resultados del GSI para la Diorita se ha obtenido un 50 % de buena calidad, esto se encuentra asociado a que presenta blocosidad, también se obtuvo un 41.7 % de regular calidad, esto encuentra asociado a que tiene muy blocoso y un 8.3 % de mala calidad, ya que es blocosa veteada.

Figura 39

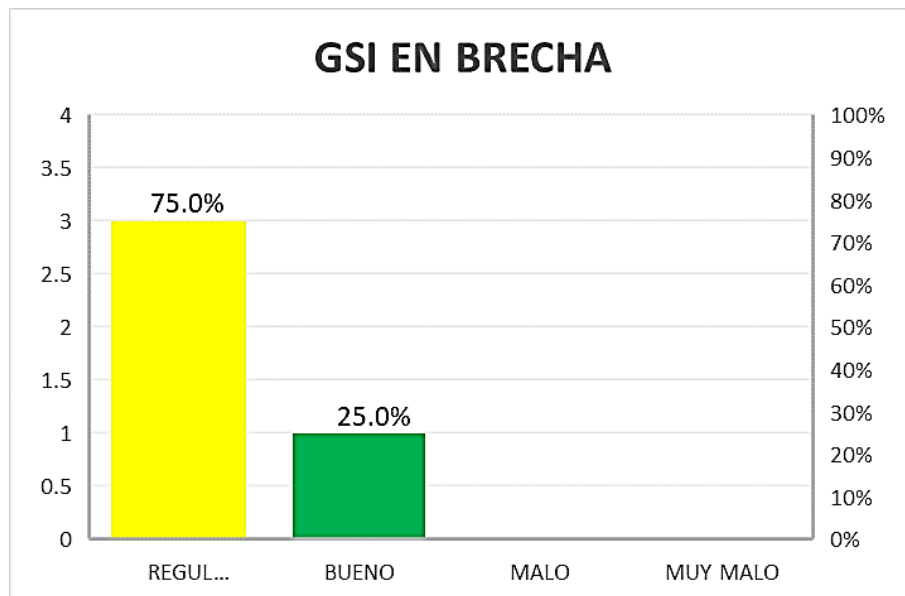
Gráfico porcentual de resultados GSI en Diorita



En la figura 40, se observa que en los resultados del GSI para la brecha, se ha obtenido un 75 % de regular calidad, esto se encuentra asociado a que presenta blocosidad, también se obtuvo un 25 % de regular calidad, esto encuentra asociado a que tiene muy blocoso y regular condición de las estructuras.

Figura 40

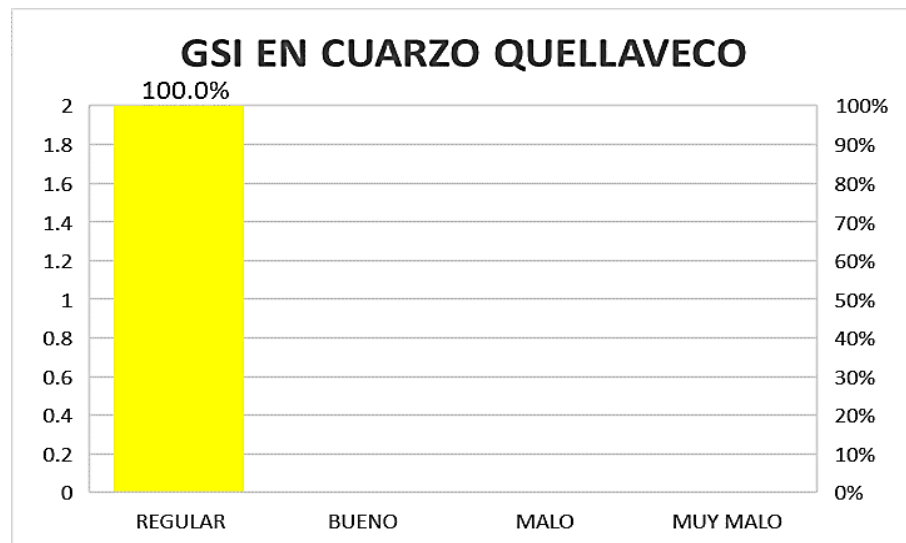
Gráfico porcentual de resultados GSI en Brecha



En la figura 41, se observa que en los resultados del GSI para el Cuarzo Quellaveco se ha obtenido el 100 % de regular calidad esto se encuentra asociado a que es muy blocoso y su condición de las estructuras es buena a regular.

Figura 41

Gráfico porcentual de resultados GSI en Cuarzo Quellaveco



MÉTODO DEL SLOPE MASS RATING:

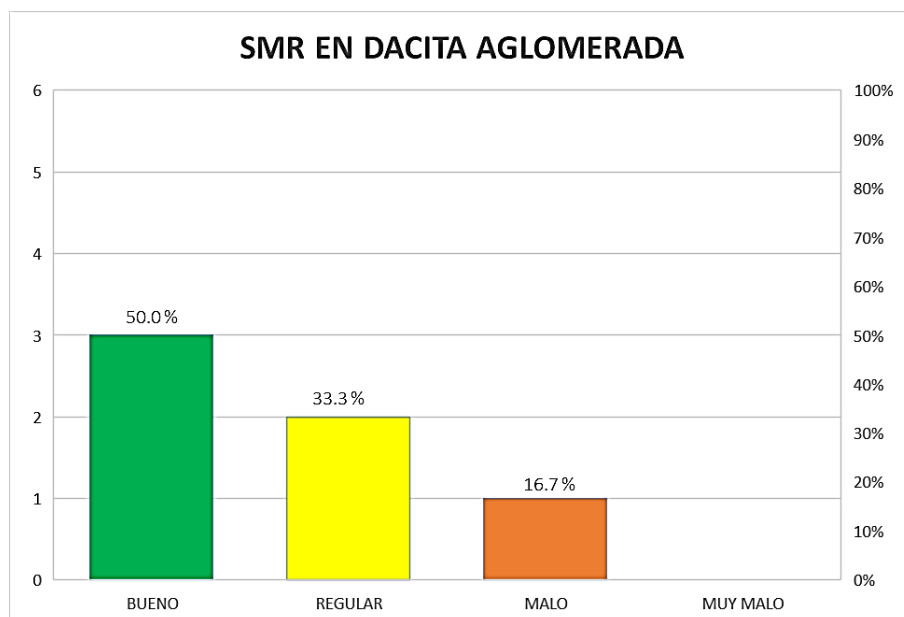
Del nivel 3265 lado Norte se clasificó 2 celdas de buena calidad geomecánica, 3 celdas de regular calidad geomecánica y 1 de mala calidad, asimismo del nivel 3325 se clasificó 1 celda de buena calidad geomecánica, 4 de regular calidad y 1 de mala calidad. Del nivel 3265 lado Noroeste se clasificó 2 celdas de buena calidad geomecánica y 4 celdas de regular calidad geomecánica, asimismo del nivel 3325 se clasificó 1 de buena calidad, 4 celdas de regular calidad geomecánica y 1 de mala calidad.

En las siguientes figuras se agruparán las clasificaciones por litología, con la finalidad de identificar la diferencia que puede existir entre ellas.

En la figura 42, se observan los resultados de la clasificación SMR, para la Dacita el 50 % es de buena calidad, ya que la orientación de las estructuras no son desfavorables con respecto a la orientación de la cara de banco de diseño, también se ha obtenido que el 33.3 % es de regular calidad, ya que las estructuras son favorables al talud pero de bajo buzamiento, el cual no permite la caída de la estructura y 16.7 % es de mala calidad, ya que la orientación de las estructuras forman mecanismos de rotura, ya sea planar, cuñas y toppling, es por ello por lo que en algunos casos evalúa mecanismos desfavorables, los cuales castigan en la calificación.

Figura 42

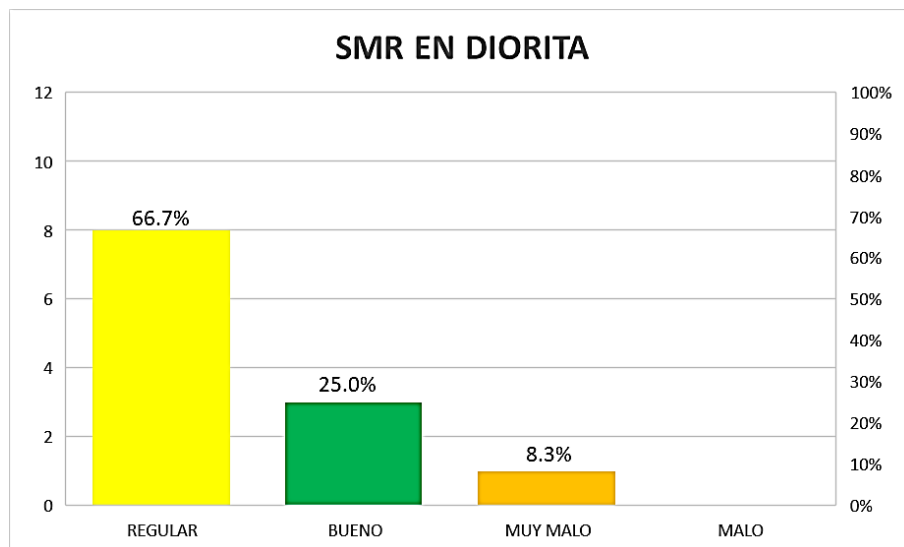
Gráfico porcentual de resultados SMR en Dacita Aglomerada



En la figura 43, se observa los resultados de la clasificación SMR, para la Diorita el 66.7 % es de regular calidad, ya que la orientación de las estructuras son favorables al talud, pero de bajo buzamiento, el cual no permite la caída de la estructura, también se ha obtenido que el 25 % es de buena calidad puesto que la orientación de las estructuras no son desfavorables con respecto a la orientación de la cara de banco de diseño, y se tiene un 8.3 de mala calidad, ya que la orientación de las estructuras forman mecanismos de rotura ya sea planar, cuñas y toppling.

Figura 43

Gráfico porcentual de resultados SMR en Diorita

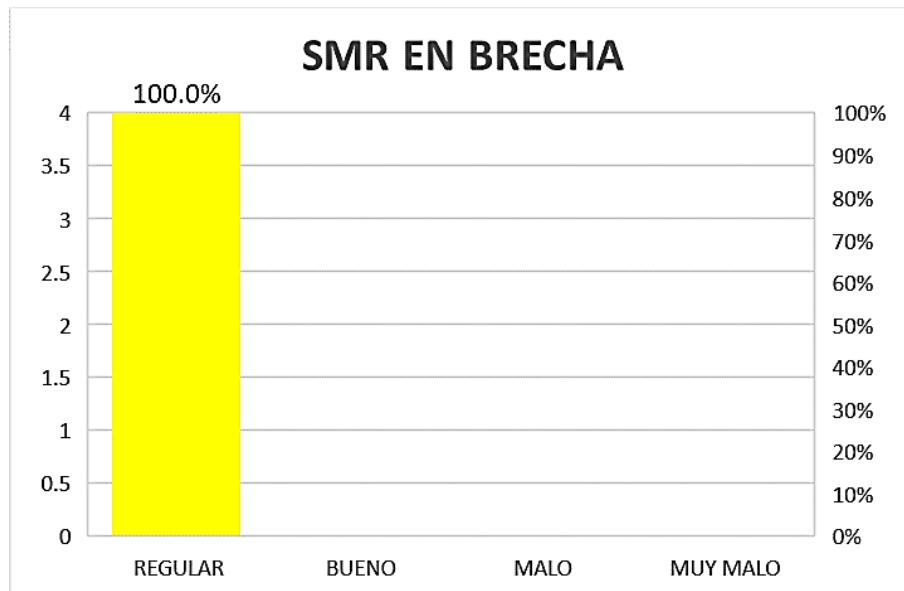


En la figura 44, se observan los resultados de la clasificación SMR, para la Brecha el 100 % es de regular calidad, ya que las orientaciones de las estructuras

son favorables al talud, pero de bajo buzamiento, el cual no permite la caída de la estructura.

Figura 44

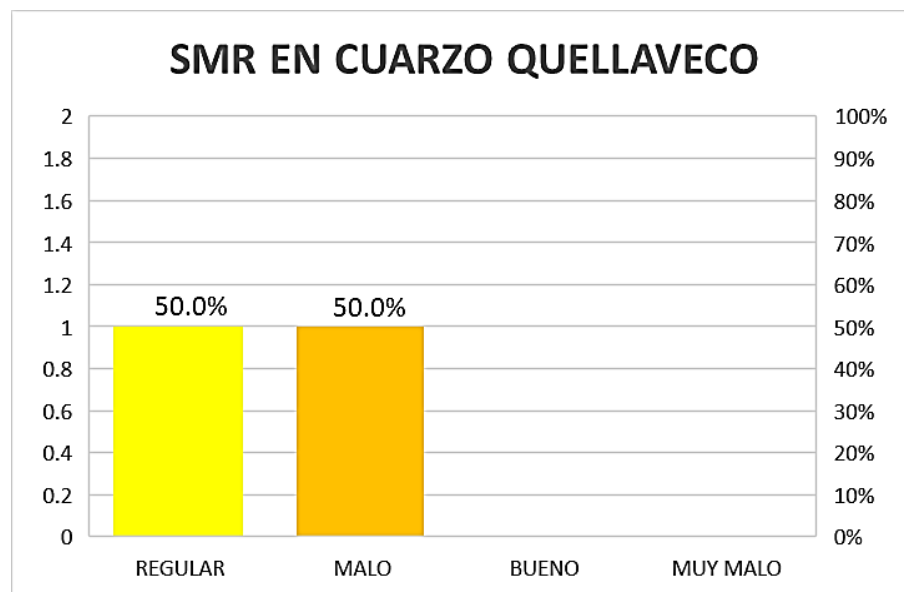
Gráfico porcentual de resultados SMR en Brecha



En la figura 45, se observan los resultados de la clasificación SMR, para el Cuarzo Quellaveco el 50 % es de regular calidad, ya que la orientación de las estructuras son favorables al talud pero de bajo buzamiento, el cual no permite la caída de la estructura, también se ha obtenido que el 50 % de mala calidad, ya que la orientación de las estructuras forman mecanismos de rotura ya sea planar, cuñas y toppling.

Figura 45

Gráfico porcentual de resultados SMR en Cuarzo Quellaveco



MÉTODO Q SLOPE:

Del nivel 3265 lado Norte se clasificó 1 celda estable, 3 celdas con estabilidad incierta y 2 inestables, asimismo del nivel 3325 se clasificó 5 celdas estables y 1 de con estabilidad incierta.

Del nivel 3265 lado Noroeste se clasificó 4 celdas estables y 2 celdas inciertas, asimismo del nivel 3325 se clasificó 1 estable, 4 celdas inciertas y 1 inestable.

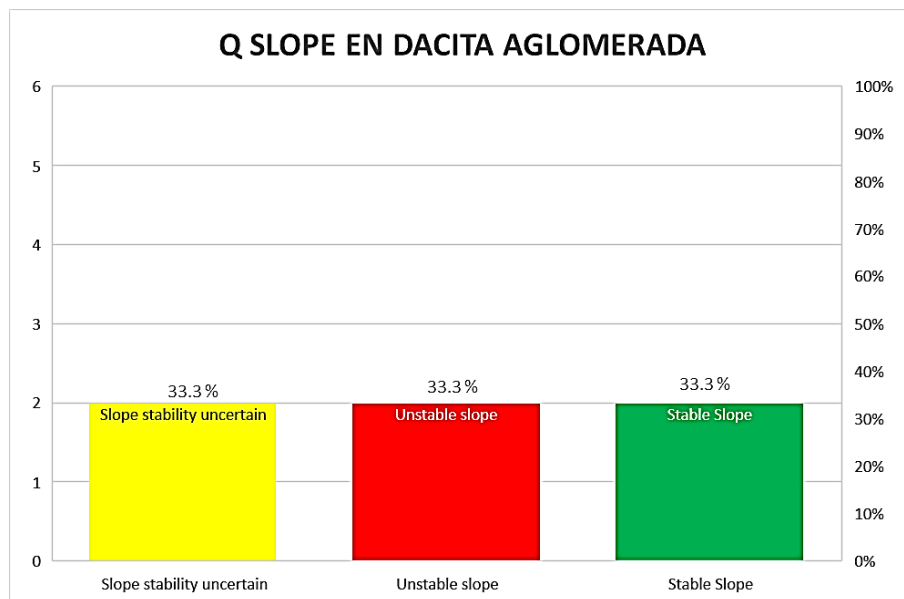
En las siguientes figuras se agrupará las clasificaciones por litología, con la finalidad de identificar la diferencia que puede existir entre ellas.

El método Q Slope considera si el talud es estable, incierto o inestable.

En la figura 46, se observa que para la Dacita el 33.3 % es incierto puesto que tiene bajo RQD, el 33.3 % es inestable, ya que el RQD es bajo y el factor de orientación es desfavorable, y 33.3 % es estable, ya que presenta un RQD mayor a 80 y las orientaciones no son desfavorables.

Figura 46

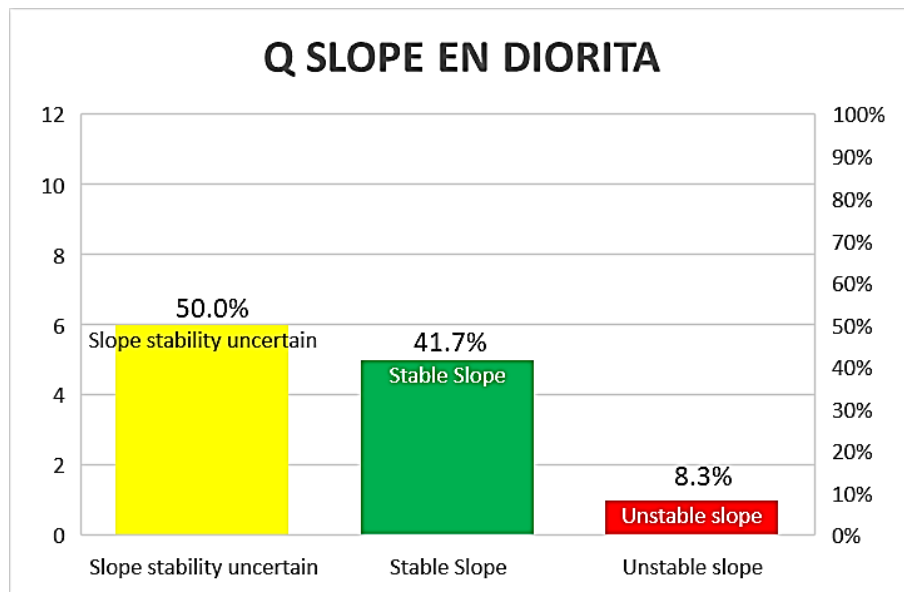
Gráfico porcentual de resultados Q-Slope en Dacita Aglomerada



En la figura 47, se observa que según los resultados del Q Slope, para la Diorita el 50 % es incierto puesto que tiene bajo RQD, el 41.7 % es estable, ya que presenta un RQD mayor a 80 y las orientaciones no son desfavorables y el 8.3 % es inestable, ya que el RQD es bajo y el factor de orientación es desfavorable.

Figura 47

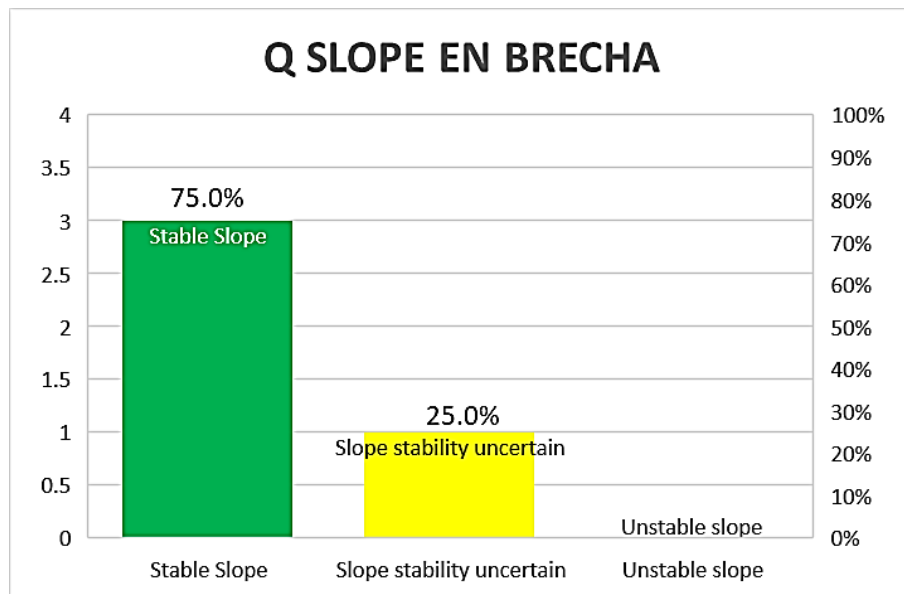
Gráfico porcentual de resultados Q-Slope en Diorita



En la figura 48, se observa que según los resultados del Q Slope, para la Brecha el 75 % es estable, ya que presenta un RQD mayor a 80 y las orientaciones no son desfavorables y el 25 % es incierto puesto que tiene bajo RQD.

Figura 48

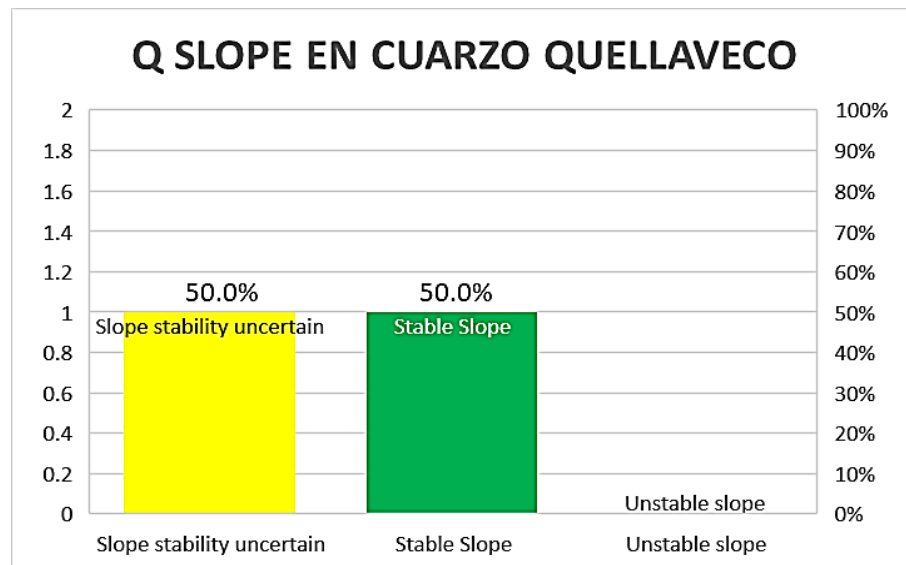
Gráfico porcentual de resultados Q-Slope en Brecha



En la figura 49, se observa que según los resultados del Q Slope, para el Cuarzo Quellaveco el 50 % es estable, ya que presenta un RQD mayor a 80 y las orientaciones no son desfavorables y el 50 % es incierto puesto que tiene bajo RQD.

Figura 49

Gráfico porcentual de resultados Q-Slope en Cuarzo Quellaveco



5.2. RESULTADO DE LA SIMULACIÓN DE DATOS

GEOMECÁNICOS PARA VOLADURA.

A partir de las clasificaciones realizadas, se ha obtenido información principal como RQD, frecuencia de fracturamiento, densidad de la roca y UCS, datos necesarios para poder determinar:

- **RMD** (descripción del macizo rocoso), se calcula mediante el RQD, en un 50 %
- **JPS**, espaciamiento entre planos de juntas se da con la división de 100 cm entre la frecuencia de fracturamiento (100/FF).

- **JPO**, orientación de los planos de juntas, para todas las celdas mapeadas encontramos una inclinación hacia fuera de la cara de banco, por ello se le da el valor de 20 según la tabla de parámetros de evaluación de Lilly (tabla 15)
- **SGI**, influencia de la densidad de la roca calculada de la siguiente manera $SGI = 25 * SG - 50$ donde SG es la densidad de la roca, la cual es un valor establecido según el tipo de roca, para Dacita Aglomerada 2.65 g/cm^3 , Cuarzo Quellaveco 2.63 g/cm^3 , Brecha 2.62 g/cm^3 , Diorita 2.7 g/cm^3 .
- **S**, es la influencia de la resistencia de la roca $S = 0.05 * UCS$ (resistencia)

Con estos datos calculados, se puede obtener el índice de volabilidad $BI = 0.5 * (RMD + JPS + JPO + SGI + S)$ y con ello calcular el factor de energía requerida para fragmentar $FE = 0.015 * BI$, el factor de carga $FC = 0.04 * BI$, así como el Factor de roca(A) $A = 0.12 * BI$ la cual es una variable para predecir la fragmentación. Todos estos datos ayudarán a realizar un buen diseño de voladura.

En la tabla 18 se encuentran los cálculos realizados en cada celda mapeada.

Tabla 18*Tabla de resultados de simulación de datos geomecánicos*

CELDA	TIPO LITOLOGIA	RQD	FF	DENSIDAD DE ROCA	UCS	RMD	JPS	JPO	SGI	S	BI	FC	FE	FACTOR DE ROCA
3265_N_4_20	Dacita	80	2	2.65	109.32	40	50.0	20	16.25	5.47	65.86	0.26	0.99	7.90
	Aglomerada													
3265_N_4_21	Dacita	100	3	2.65	142.95	50	33.3	20	16.25	7.15	63.37	0.25	0.95	7.60
	Aglomerada													
3265_N_4_22	Dacita	95	3	2.65	92.93	47.5	33.3	20	16.25	4.65	60.86	0.24	0.91	7.30
	Aglomerada													
3265_N_4_23	Dacita	45	8	2.65	194.84	22.5	12.5	20	16.25	9.74	40.50	0.16	0.61	4.86
	Aglomerada													
3265_N_4_24	Dacita	90	2	2.65	131.99	45	50.0	20	16.25	6.60	68.92	0.28	1.03	8.27
	Aglomerada													
3265_N_4_25	Cuarzo Quellaveco	55	7	2.63	146.52	27.5	14.3	20	15.75	7.33	42.43	0.17	0.64	5.09
3265_NO_5_1	Diorita	85	3	2.7	183.56	42.5	33.3	20	17.5	9.18	61.26	0.25	0.92	7.35
3265_NO_5_2	Diorita	95	2	2.7	176.24	47.5	50.0	20	17.5	8.81	71.91	0.29	1.08	8.63
3265_NO_5_3	Diorita	80	3	2.7	168.08	40	33.3	20	17.5	8.40	59.62	0.24	0.89	7.15
3265_NO_5_4	Diorita	70	4	2.7	178.41	35	25.0	20	17.5	8.92	53.21	0.21	0.80	6.39
3265_NO_5_5	Diorita	90	2	2.7	191.96	45	50.0	20	17.5	9.60	71.05	0.28	1.07	8.53
3265_NO_5_6	Diorita	85	3	2.7	218.13	42.5	33.3	20	17.5	10.91	62.12	0.25	0.93	7.45
3325_N_5_1	Brecha	60	5	2.62	120.84	30	20.0	20	15.5	6.04	45.77	0.18	0.69	5.49
3325_N_5_2	Brecha	60	5	2.62	182.28	30	20.0	20	15.5	9.11	47.31	0.19	0.71	5.68
3325_N_5_3	Dacita	78	2	2.65	128.2	39	50.0	20	16.25	6.41	65.83	0.26	0.99	7.90
	Aglomerada													
3325_N_5_4	Brecha	55	4	2.62	54.75	27.5	25.0	20	15.5	2.74	45.37	0.18	0.68	5.44
3325_N_5_5	Brecha	90	2	2.62	179.05	45	50.0	20	15.5	8.95	69.73	0.28	1.05	8.37
3325_N_5_6	Cuarzo Quellaveco	55	4	2.63	194.53	27.5	25	20	15.75	9.73	48.99	0.20	0.73	5.88
3325_NO_5_11	Diorita	95	2	2.7	120.51	47.5	50.0	20	17.5	6.03	70.51	0.28	1.06	8.46
3325_NO_5_12	Diorita	45	4	2.7	190.21	22.5	25.0	20	17.5	9.51	47.26	0.19	0.71	5.67
3325_NO_5_13	Diorita	55	4	2.7	109.17	27.5	25.0	20	17.5	5.46	47.73	0.19	0.72	5.73
3325_NO_5_14	Diorita	25	6	2.7	68.62	12.5	16.7	20	17.5	3.43	35.05	0.14	0.53	4.21
3325_NO_5_15	Diorita	40	4	2.7	142.1	20	25.0	20	17.5	7.11	44.80	0.18	0.67	5.38
3325_NO_5_16	Diorita	45	4	2.7	157.97	22.5	25.0	20	17.5	7.90	46.45	0.19	0.70	5.57

Nota. BI es índice de volabilidad de Lilly, FC es factor de carga (KgAnfo/TM),

FE factor de energía (MJ/TM). Elaboración propia. (Ver Anexos)

COMPARACIÓN DEL FACTOR DE CARGA Y FACTOR DE ENERGÍA POR LITOLOGÍA

En la tabla 19, se muestra los valores obtenidos para el factor de carga y energía ordenados según cada tipo de roca, se observa que los valores varían a pesar de presentar la misma litología, esto se debe a que el macizo rocoso es anisotrópico, es decir que las propiedades físicas varían según la dirección en las que se evalúa.

Tabla 19

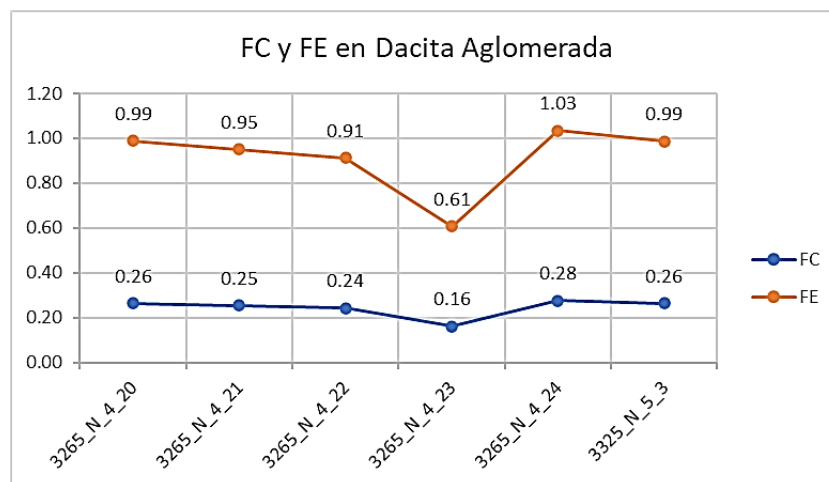
Tabla Comparativa del Factor de carga y factor de energía

CELDA	TIPO LITOLOGIA	RQD	FF	RMD	FC (KgAnfo/TM)	FE (MJ/TM)	FACTOR DE ROCA
3265_N_4_20	Dacita Aglomerada	80	2	40	0.26	0.99	7.90
3265_N_4_21	Dacita Aglomerada	100	3	50	0.25	0.95	7.60
3265_N_4_22	Dacita Aglomerada	95	3	47.5	0.24	0.91	7.30
3265_N_4_23	Dacita Aglomerada	45	8	22.5	0.16	0.61	4.86
3265_N_4_24	Dacita Aglomerada	90	2	45	0.28	1.03	8.27
3325_N_5_3	Dacita Aglomerada	78	2	39	0.26	0.99	7.90
3265_NO_5_1	Diorita	85	3	42.5	0.25	0.92	7.35
3265_NO_5_2	Diorita	95	2	47.5	0.29	1.08	8.63
3265_NO_5_3	Diorita	80	3	40	0.24	0.89	7.15
3265_NO_5_4	Diorita	70	4	35	0.21	0.80	6.39
3265_NO_5_5	Diorita	90	2	45	0.28	1.07	8.53
3265_NO_5_6	Diorita	85	3	42.5	0.25	0.93	7.45
3325_NO_5_11	Diorita	95	2	47.5	0.28	1.06	8.46
3325_NO_5_12	Diorita	45	4	22.5	0.19	0.71	5.67
3325_NO_5_13	Diorita	55	4	27.5	0.19	0.72	5.73
3325_NO_5_14	Diorita	25	6	12.5	0.14	0.53	4.21
3325_NO_5_15	Diorita	40	4	20	0.18	0.67	5.38
3325_NO_5_16	Diorita	45	4	22.5	0.19	0.70	5.57
3325_N_5_1	Brecha	60	5	30	0.18	0.69	5.49
3325_N_5_2	Brecha	60	5	30	0.19	0.71	5.68
3325_N_5_4	Brecha	55	4	27.5	0.18	0.68	5.44
3325_N_5_5	Brecha	90	2	45	0.28	1.05	8.37
3325_N_5_6	Cuarzo Quellaveco	55	4	27.5	0.20	0.73	5.88
3265_N_4_25	Cuarzo Quellaveco	55	7	27.5	0.17	0.64	5.09

De acuerdo con la tabla 19 y en la figura 50, se requiere mayor factor de carga y energía en la Dacita Aglomerada, puesto que el 83.3 % en su mayoría presenta buena calidad geomecánica, se observa en la celda 3265_N_4_23 que el valor de factor de carga y energía varía con respecto a los otros, esto ocurre ya que presenta mayor frecuencia de fracturamiento en el macizo, y RQD de 45 % por ende su calidad es más baja, por ello es más fácil fragmentar el macizo.

Figura 50

Gráfico de dispersión para FC y FE en Dacita Aglomerada

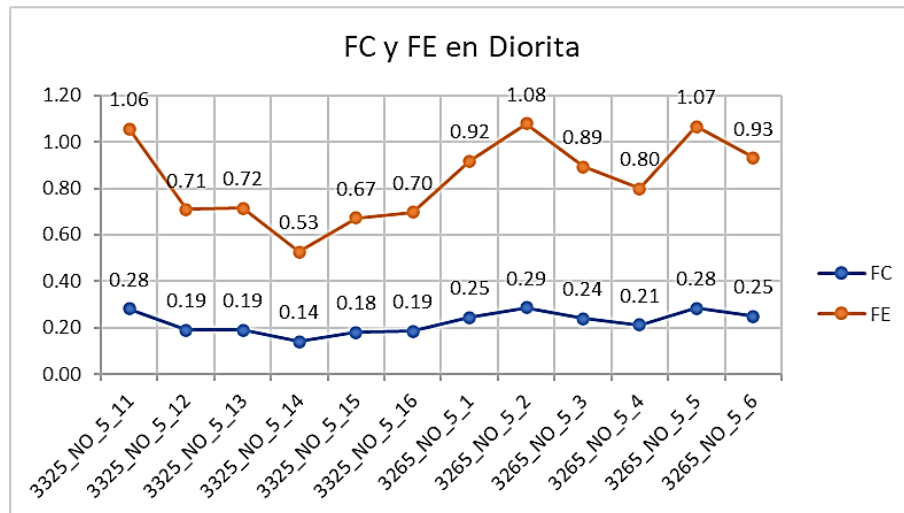


En la figura 51, para la Diorita, se observa que hay bastante variación entre los resultados de factor de carga y factor de energía, esto se debe a que según la clasificación RMR la Diorita se divide considerando el 50 % de las celdas mapeadas como buena calidad y el otro 50 % regular calidad, por ello se encuentran valores

que van para la frecuencia carga entre 0.18 KgAnfo/TM hasta 0.29 KgAnfo/TM y en el factor de energía desde 0.50 MJ/Tm hasta 1.08 MJ/Tm.

Figura 51

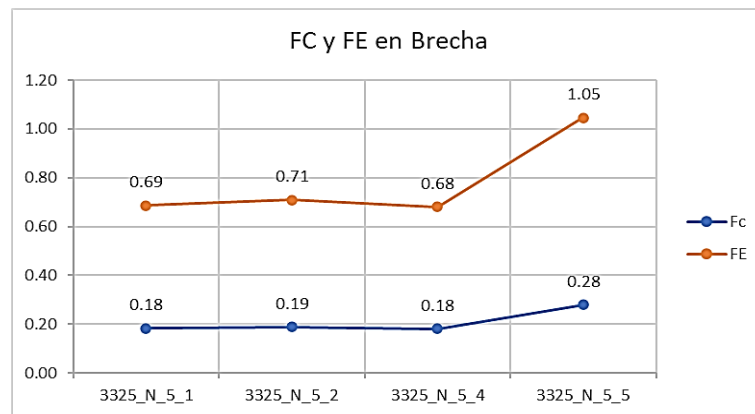
Gráfico de dispersión para FC y FE en Diorita



En la figura 52, en la Brecha se observa que en el nivel 3325_N_5_5, el valor de carga es 0.28KgAnfo/TM y 1.05 MJ/Tm., su RMR 67, como frecuencia de fracturamiento 2, lo que indica que es un macizo competente por ende sus valores de FC y FE son altos.

Figura 52

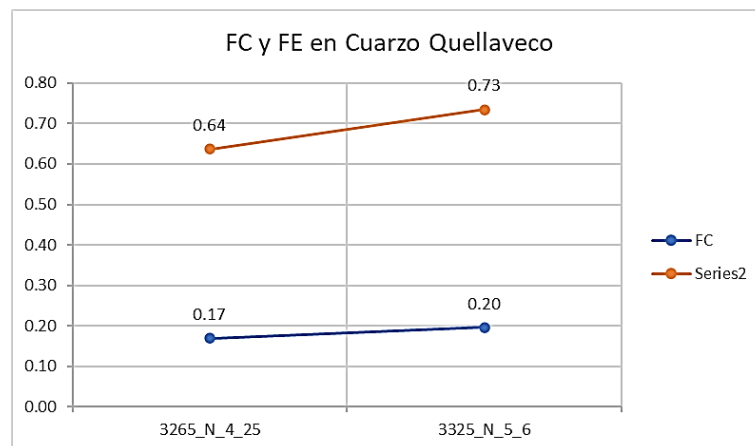
Gráfico de dispersión para FC y FE en Brecha



En la figura 53, se observa para el Cuarzo Quellaveco al comparar las dos celdas de esta litología, los valores obtenidos para factor de carga y energía son similares, ya que el RMR es de 57, lo que indica una roca de regular calificación, por ello se necesita un menor factor de carga y energía.

Figura 53

Gráfico de dispersión para FC y FE en Cuarzo Quellaveco



CORRELACIÓN DE VARIABLES GEOMECÁNICAS Y RMR, PARA EL
CÁLCULO DE FACTOR DE CARGA (FC) Y FACTOR DE ENERGÍA (FE)

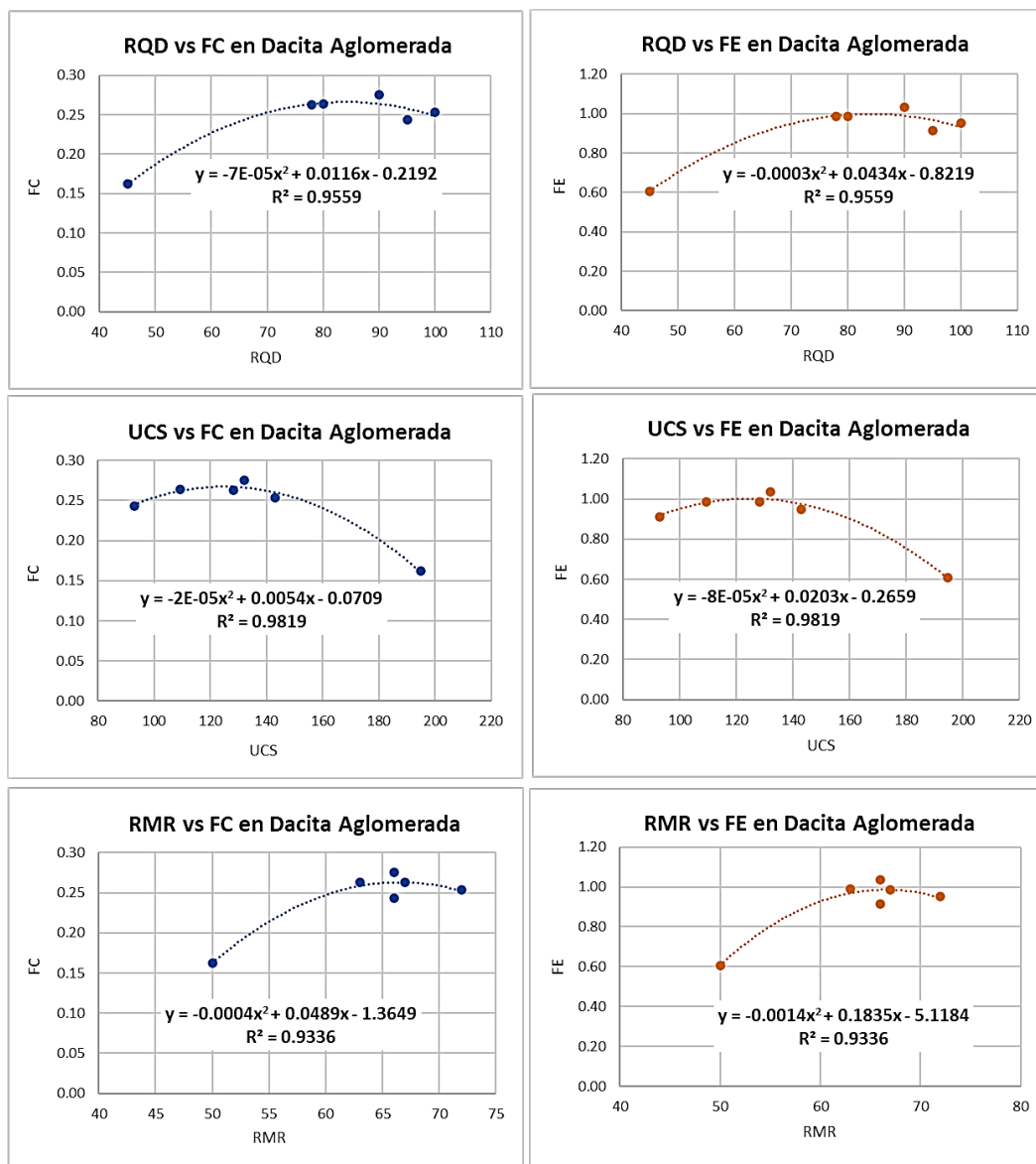
Dacita Aglomerada

De acuerdo a las figura 54, las gráficas correspondientes a la Dacita Aglomerada, se ha correlacionado las variable de RQD, UCS y la clasificación RMR, para el cálculo del FC y FE; mediante las ecuaciones se puede observar que tanto el RQD como el UCS y la clasificación RMR, son determinantes para el factor de carga y el factor de energía, en las seis ecuaciones halladas el R^2 , es mayor a 0.93 por lo que indica que es confiable, esto se da debido a que presenta el 83.3 % de datos de buena calidad según la clasificación de RMR, y los datos son menos dispersos.

Figura 54

Gráfico de correlación entre RQD, UCS Y RMR, para FC y FE en Dacita Aglomerada

CELDA	TIPO LITOLÓGIA	RQD	UCS	RMR	FC (KgAnfo/TM)	FE (MJ/TM)
3265_N_4_20	Dacita Aglomerada	80	109.32	63	0.26	0.99
3265_N_4_21	Dacita Aglomerada	100	142.95	72	0.25	0.95
3265_N_4_22	Dacita Aglomerada	95	92.93	66	0.24	0.91
3265_N_4_23	Dacita Aglomerada	45	194.84	50	0.16	0.61
3265_N_4_24	Dacita Aglomerada	90	131.99	66	0.28	1.03
3325_N_5_3	Dacita Aglomerada	78	128.2	67	0.26	0.99



Diorita

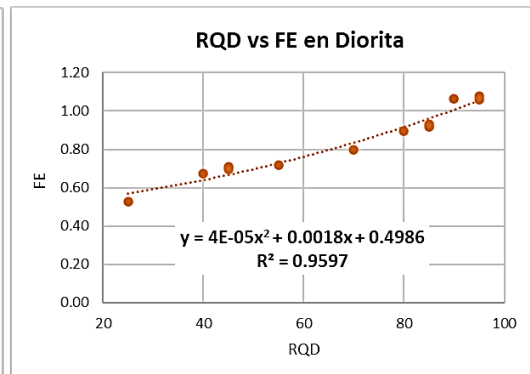
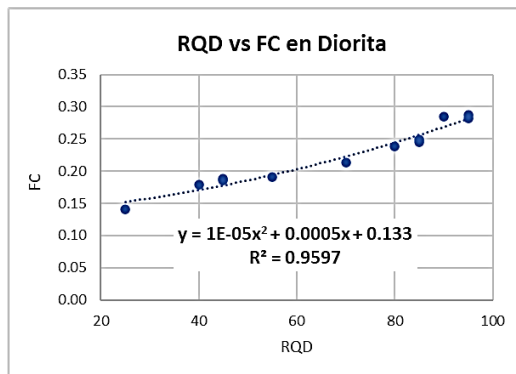
De acuerdo a la figura 55, en las gráficas correspondientes a la Diorita, se ha correlacionado las variable de RQD, UCS y la clasificación RMR, para el cálculo del FC y FE; mediante las ecuaciones se puede observar que tanto el RQD como

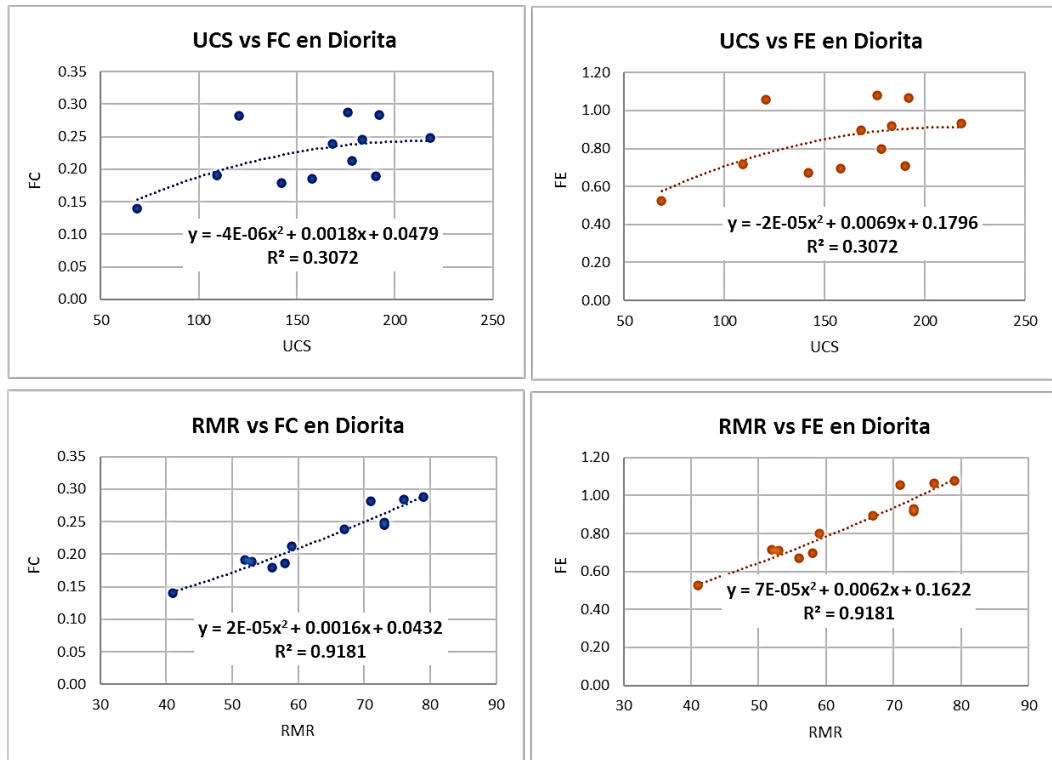
la clasificación RMR, son determinantes para el factor de carga y el factor de energía, en sus ecuaciones halladas el R^2 , es mayor a 0.9 , lo que indica que son confiables; por el contrario en las gráficas de UCS el R^2 resulta 0.31, esto está relacionado a que existe más dispersión en los datos de resistencia, por ello la ecuación no sería aplicable.

Figura 55

Gráfico de correlación entre RQD, UCS y RMR para FC y FE en Diorita

CELDA	TIPO LITOLOGIA	RQD	UCS	FC (KgAnfo/TM)	FE (MJ/TM)
3325_NO_5_11	Diorita	95	120.51	0.28	1.06
3325_NO_5_12	Diorita	45	190.21	0.19	0.71
3325_NO_5_13	Diorita	55	109.17	0.19	0.72
3325_NO_5_14	Diorita	25	68.62	0.14	0.53
3325_NO_5_15	Diorita	40	142.1	0.18	0.67
3325_NO_5_16	Diorita	45	157.97	0.19	0.70
3265_NO_5_1	Diorita	85	183.56	0.25	0.92
3265_NO_5_2	Diorita	95	176.24	0.29	1.08
3265_NO_5_3	Diorita	80	168.08	0.24	0.89
3265_NO_5_4	Diorita	70	178.41	0.21	0.80
3265_NO_5_5	Diorita	90	191.96	0.28	1.07
3265_NO_5_6	Diorita	85	218.13	0.25	0.93





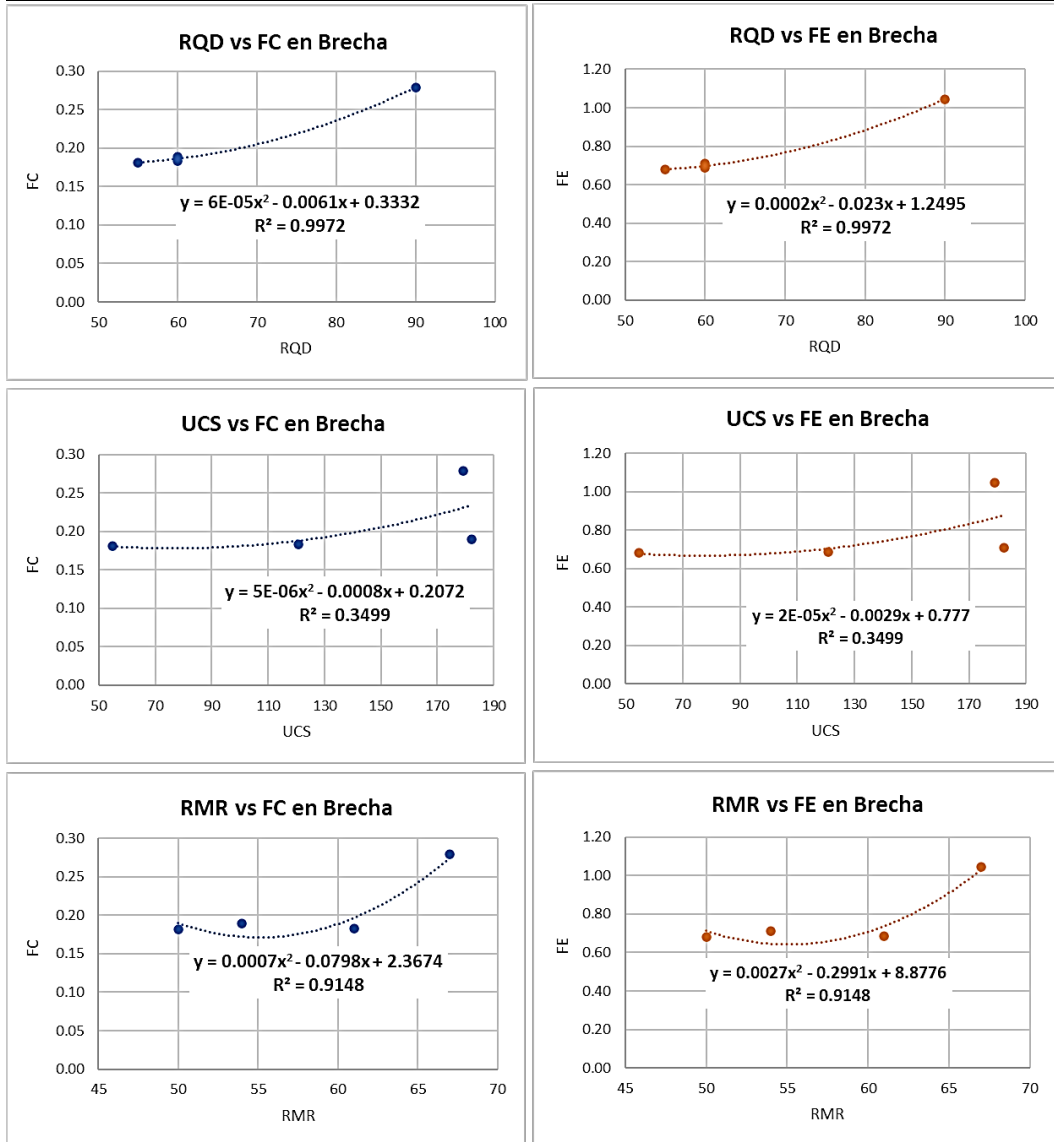
Brecha

De acuerdo con la figura 56, en las gráficas correspondientes a la Brecha, se ha correlacionado las variable de RQD, UCS y la clasificación RMR para el cálculo del FC y FE; mediante las ecuaciones se puede observar que el RQD y la clasificación RMR son determinantes para el factor de carga y el factor de energía, en sus ecuaciones halladas el R^2 es mayor a 0.91 , lo que indica que es confiable, por el contraio en las gráficas de UCS el R^2 resulta 0.35, esto puede estar relacionado a que se tiene pocos datos, existe más dispersión en los datos de resistencia.

Figura 56

Gráfico de correlación entre RQD, UCS y RMR para FC y FE en Brecha

CELDA	TIPO LITOLOGIA	RQD	UCS	RMR	FC (KgAnfo/TM)	FE (MJ/TM)
3325_N_5_1	Brecha	60	120.84	61	0.18	0.69
3325_N_5_2	Brecha	60	182.28	54	0.19	0.71
3325_N_5_4	Brecha	55	54.75	50	0.18	0.68
3325_N_5_5	Brecha	90	179.05	67	0.28	1.05



Cuarzo Quellaveco

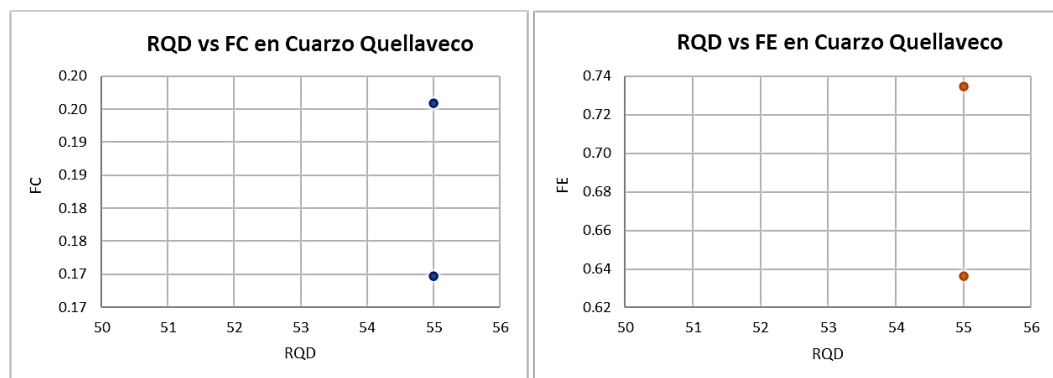
De acuerdo a las figura 57, en las gráficas correspondientes al Cuarzo Quellaveco, se ha correlacionado las variable de RQD, UCS y clasificación RMR para el cálculo del FC y FE; pero por existir solo dos celdas mapeadas con esta litología no podemos garantizar que la ecuación hallada en el UCS sea confiable, para el caso de la correlacion con el RQD no se puede obtener una ecuación, ya que ambas celdas tiene como RQD 55 %, al igual que para el RMR, en ambas celdas presenta un dato de 57.

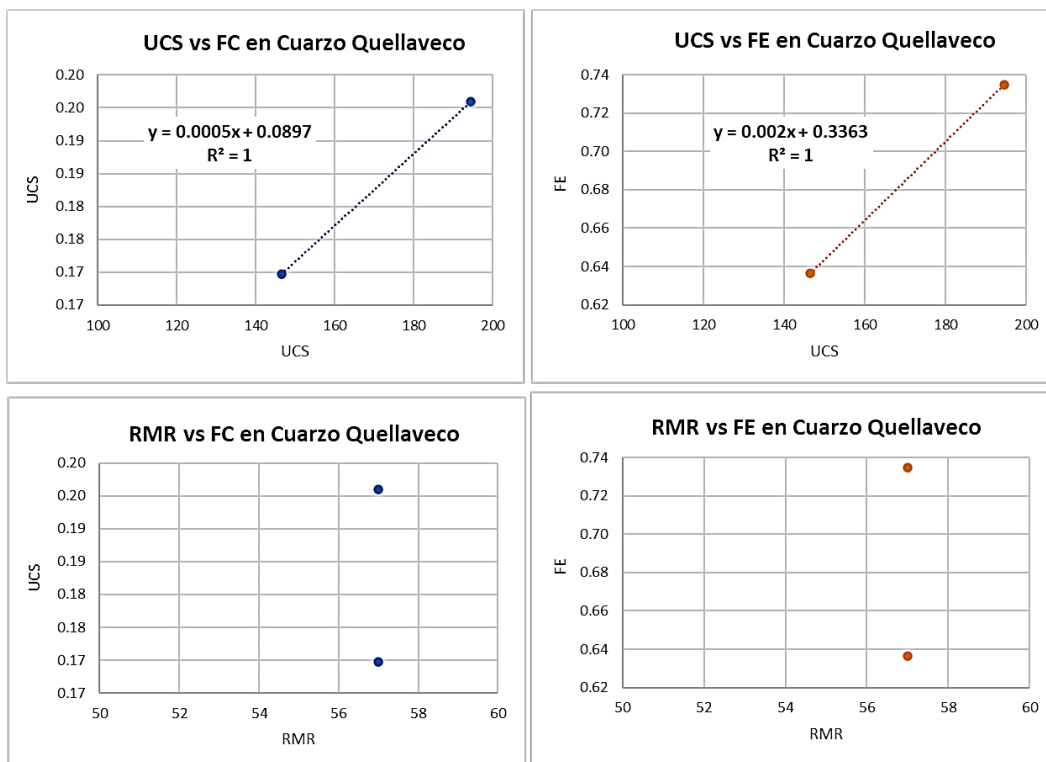
Figura 57

Gráfico de correlación entre RQD, UCS y RMR para FC y FE en Cuarzo

Quellaveco

CELDA	TIPO LITOLOGIA	RQD	UCS	RMR	FC (KgAnfo/TM)	FE (MJ/TM)
3265_N_4_25	Cuarzo Quellaveco	55	146.52	57	0.17	0.64
3325_N_5_6	Cuarzo Quellaveco	55	194.53	57	0.20	0.73





En todas las litologías analizadas, a excepción de cuarzo Quellaveco que presenta pocos datos; se ha obtenido que en las correlaciones de RQD y la clasificación geomecánica RMR con el factor de carga y el factor de energía, las ecuaciones presentan R^2 mayor a 0.9, son confiables, es decir que a partir del RQD y la clasificación geomecánica RMR hallada en campo se pueden aplicar las fórmulas obtenidas según cada litología para el cálculo de factor de carga y energía en el área de estudio.

Factores de diseño en mina Toquepala

Por las características y la geometría del depósito mineral de Toquepala, se realiza la extracción a cielo abierto, el pit se ha diseñado mediante la técnica de “Cono Flotante” y se utilizan los siguientes parámetros de diseño:

- Altura de banco de 15 m.
- Ángulo de cara de banco 65° .
- Talud final: de 35 a 37°
- Ancho de berma: 8 a 13 m
- Ancho de rampa: 38 m, con una pendiente de 8 %

Diseño de carga

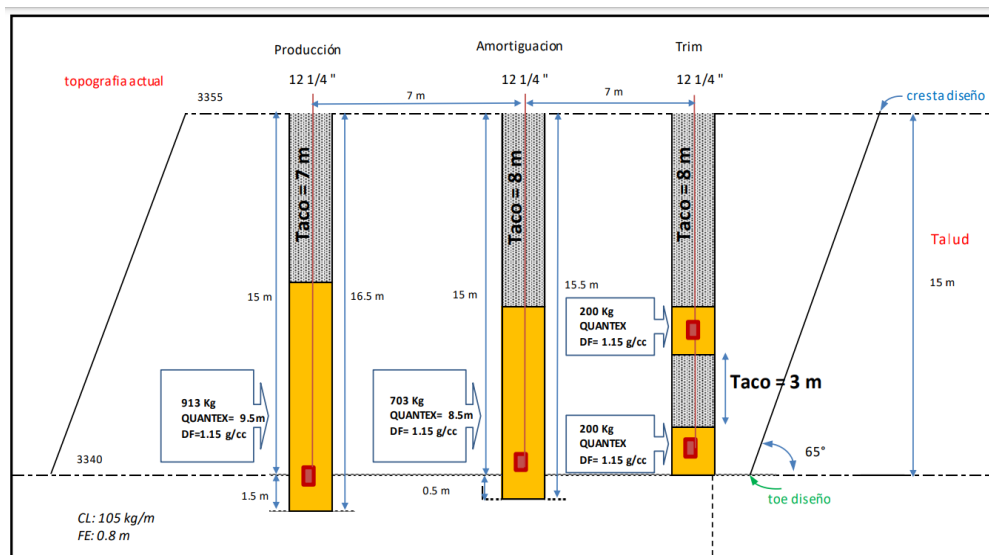
El área de perforación y disparos diseñará las cantidades de explosivo necesario a partir de los datos geotécnicos proporcionados, los cuales son índice de volabilidad, factor de carga y factor energético. La clasificación geomecánica RMR, permite el diseño de carga, ya que proporciona los datos de RQD, frecuencia de fracturamiento, resistencia y orientación de las estructuras.

A partir de la información antes descrita el área de perforación y voladura obtiene la cantidad de carga para controlar la energía. Para el diseño de carga son necesarios los valores de longitud de carga, carga lineal, cantidad de explosivo, factor de carga y factor de potencia.

En la figura 58 podemos observar que la fila de TRIM y amortiguación presentan menos carga explosiva, con la finalidad de prevenir el exceso de carga al diseño de la cara banco, la fila de producción contiene la carga necesaria para optimizar la fragmentación.

Figura 58

Gráfico de Diseño de Carga - Toquepala



Nota. Fuente: EXSA – Toquepala

Simulación

En las siguientes figuras se puede apreciar la aplicación de los datos geomecánicos para la simulación de halos de energía, pronóstico de fragmentación y el alcance del radio de fragmentación, empleando software especializado para

voladura JKSimblast. Este resultado se aplica para evitar los daños que podrían generar los proyectos de voladura.

Simulación de halos de energía para macizos de regular calidad

Figura 59

Simulación de distribución de halos de energía para macizos de regular calidad

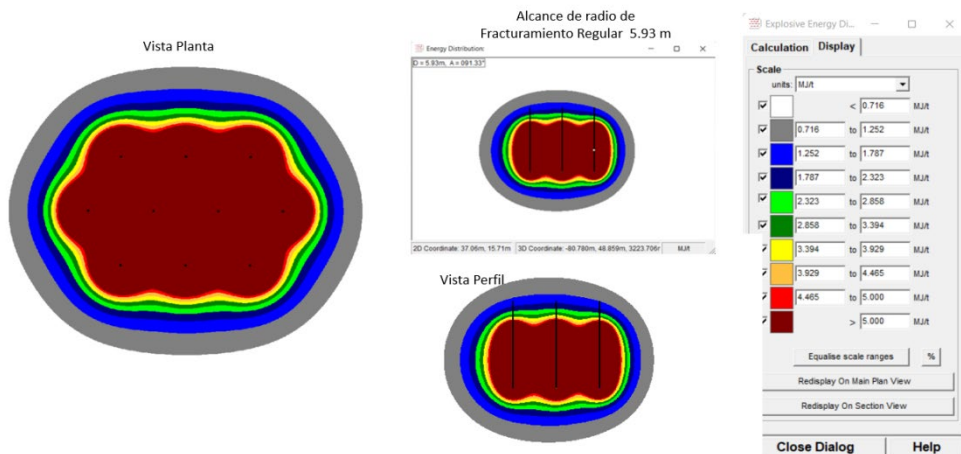
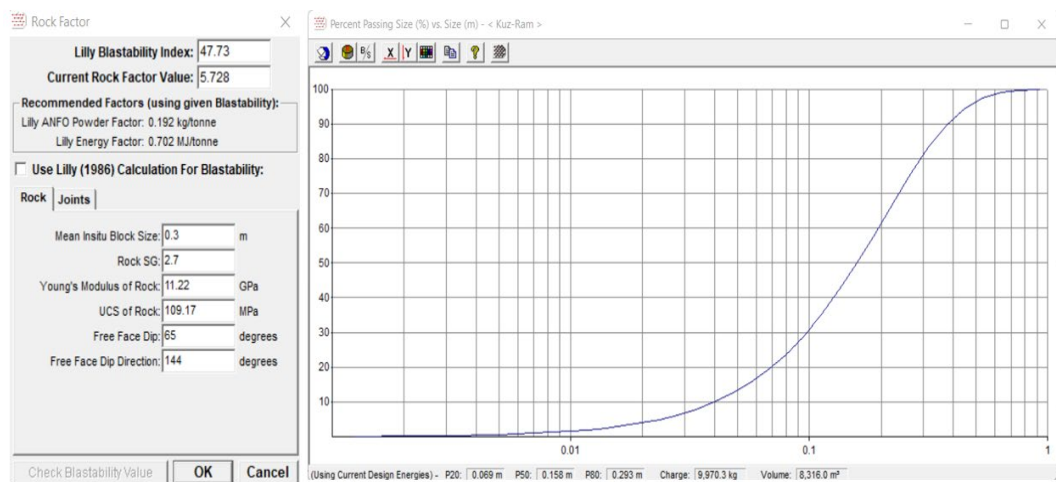


Figura 60

Simulación de fragmentación aplicando BI y factor de roca dando como resultado 29 cm de fragmento



Simulación de halos de energía para macizos de buena calidad

Figura 61

Simulación de distribución de halos de energía para macizos de buena calidad

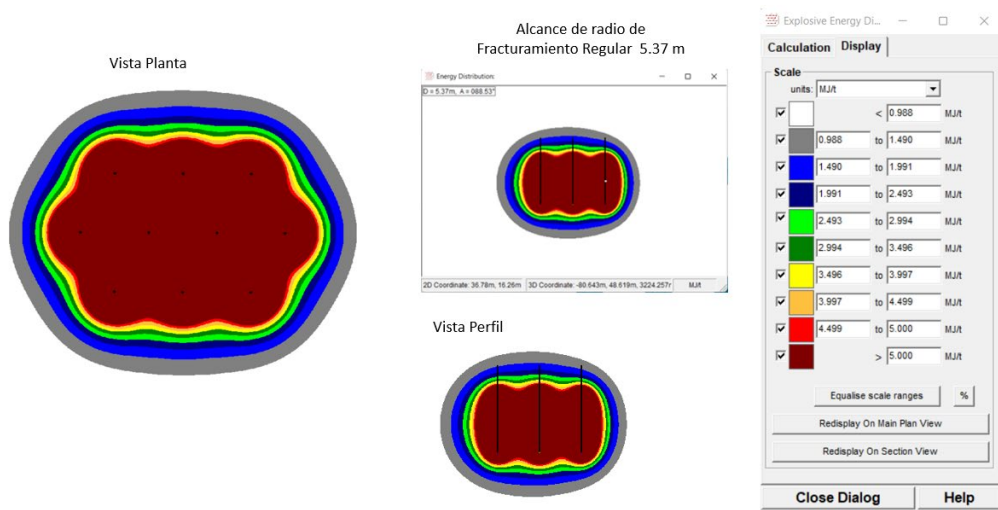
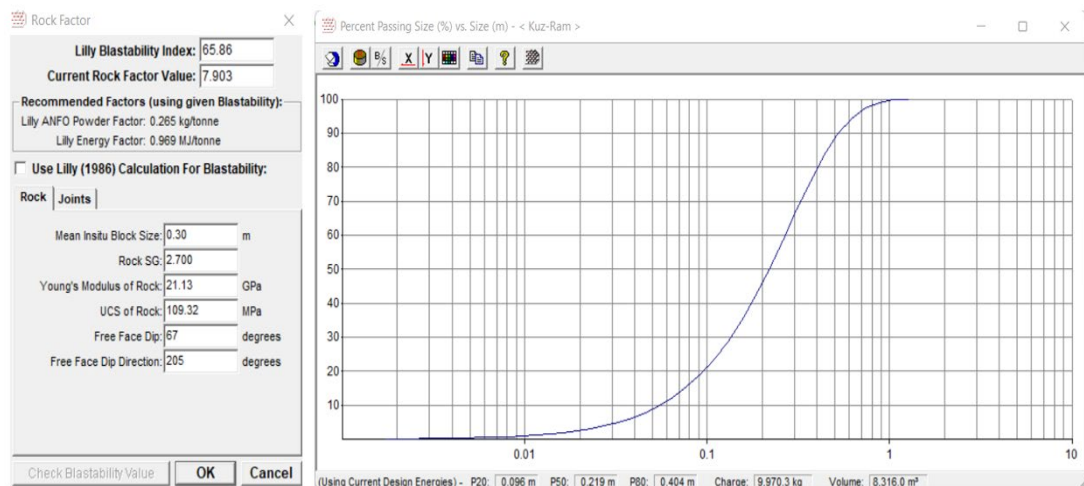


Figura 62

Simulación de fragmentación aplicando BI y factor de roca dando como resultado 40 cm de fragmento



De acuerdo con la simulación obtenida con los datos de campos, a modo de predicción se ha determinado que, para macizos de regular calidad, el radio de influencia de la voladura es de 5.93 metros y en macizos de buena calidad su radio es de 5.37 metros, por ello para evitar daño, las voladuras se deben diseñar a más de 7 metros del talud.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

6.1. COMPARACIÓN DE MÉTODOS DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA.

Se han realizado 5 métodos de clasificación geomecánica donde se describen las características fundamentales del macizo rocoso, el método de Bieniawski (RMR 1976) califica la resistencia, el RQD, espaciamiento, condición de las juntas, la presencia de agua. El método Laubscher (MRMR 2001), califica la resistencia de roca intacta, espaciamiento de las discontinuidades, condición de las discontinuidades, ajustado bajo un factor de intemperismo, orientación de discontinuidades, esfuerzos inducidos, voladura y presencia de agua. Método GSI 1994 compara la condición de las estructuras y la estructura del macizo. El método slope mass rating (SMR 2014), califica a partir del RMR empleando ajustes por la orientación de las estructuras. El método Q-Slope (2017) califica el RQD, factor de familias de juntas, índice de rugosidad, índice de alteración, factor de orientación, contenido de agua y efectos de tensión.

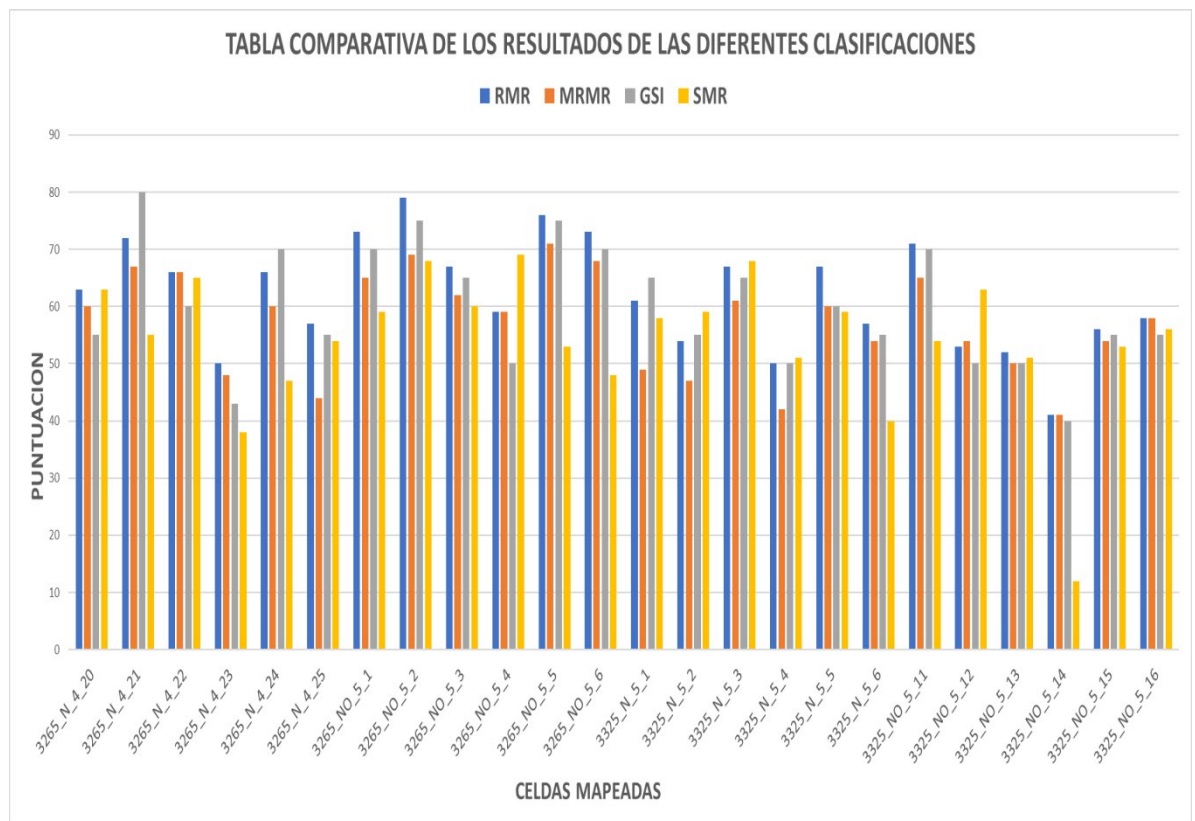
Los resultados de la calificación en los 5 métodos son similares entre sí, solo se diferencian por los parámetros que se emplean para calificar el macizo rocoso, tal como se muestra en la tabla 19 del capítulo anterior.

De acuerdo con la figura 63, podemos apreciar los resultados de las clasificaciones de los diferentes métodos, donde el RMR (1976), MRMR (2001), GSI (1994) y SMR (2014) presentan resultados similares en cuanto a la calificación

presente, sin embargo, el SMR incluye la información de mecanismos de falla, los cuales, al ser favorables al diseño del talud, disminuyen notablemente el valor de sus resultados finales. En el caso de la clasificación de Q-Slope (2017) califica de forma más directa en 3 tipos (inestable, incierto y estable).

Figura 63

Gráfico de comparación de resultados de clasificaciones geomecánicas



6.2. COMPARACIÓN DE DATOS GEOMECÁNICOS PARA DISEÑO DE VOLADURA

La voladura tiene 4 etapas: La detonación, la propagación de las ondas de choque y/o esfuerzos (compresión y tensión), expansión del gas a presión y el

desplazamiento del material para realizar los diseños de carga, se requiere calcular el factor de carga y factor energético, datos necesarios para generar una fragmentación adecuada y no dañar el macizo rocoso aledaño (talud).

De acuerdo con las características geomecánicas del macizo rocoso se han evaluado las características principales que se requieren para el diseño de una voladura.

- RQD: Parámetro que nos ayudará a calcular la descripción del macizo rocoso en términos de índice de volabilidad.
- Grado de fracturamiento del macizo rocoso: En este parámetro se podrá determinar el tamaño de bloque medio del macizo rocoso, este dato ayudará que tener una idea de cuanta carga se requiere para no dañar el macizo rocoso.
- La resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa: Debido a que la voladura debe romper matriz rocosa, por lo cual es necesario realizar los ensayos y cálculo de la UCS.
- Orientación de las estructuras: Este parámetro es de suma importancia, ya que la orientación de las estructuras predominantes ayuda a los especialistas en voladura a determinar la secuencia apropiada para quebrar el macizo rocoso hasta el grado requerido sin alterar el macizo rocoso aledaño.

En la tabla 20 se ha colocado como parámetros para diseño de voladura, a las características geomecánicas del macizo rocoso que se requieren para su diseño, con la finalidad de comparar cuál de los métodos nos proporciona más información.

Se observa que la clasificación de Bieniawski (1976), es la que nos brinda mayores datos; por otro lado, el método de SMR (2014), complementa al método de Bieniawski, ya que para realizar este método es necesario tener el cálculo del RMR, el Slope Mass Rating aplica factores de ajuste en términos de la orientación de las estructuras y las posibles formaciones de mecanismos de falla. El método de Laubscher o MRMR (2001), proporciona datos como el espaciamiento de las estructuras y la resistencia, mas no el RQD ni la orientación de estructuras, datos necesarios para calcular el índice de volabilidad. El GSI (1994) proporciona información de la condición de las estructuras en términos de rugosidad y de blocosidad. El método de clasificación Q-Slope (2017) no considera la resistencia y su método clasifica considerando si es estable, incierto o inestable, no es un valor numérico.

Tabla 20

Tabla de comparación de datos geomecánicos obtenidos de las clasificaciones

Parámetros para diseño de voladura	RMR (1976)	MRMR (2001)	GSI (1994)	SMR (2014)	Q-Slope (2017)
RQD	x				x
Frecuencia de fracturamiento	x	x	x		
Resistencia	x	x			
Orientación de Estructuras	x			x	x

Formato para la evaluación geotécnica de voladura

Figura 64

Formato evaluación geotécnica de voladura

EVALUACION GEOTECNICA DE VOLADURA			
Evaluador: _____	Pared: _____	Nivel: _____	Dip/DipD: _____
Fecha: _____	Litología: _____	Coordenadas: _____	Código: _____
FACTOR DE DISEÑO (Fd)			
Angulo de Cara de Banco	Ancho de Catch Bench	Posición de Toe	
CONDICIONES DE CARA DE BANCO (Fc)			
Medias Cañas	Rotura Roca Intacta	Abertura Discontinuidades	
Formación Bloque	Perfil de Cara de Banco	Condición de Cresta	
Comentarios: _____			

Nota. Fuente: Superintendencia de Geotecnia SPCC

En la mina de Toquepala, luego del minado del proyecto de voladura, se aplica una evaluación geotécnica, el cual considera 2 elementos fundamentales el factor de diseño (Fd) y la condición de cara de banco (Fc).

En el factor de diseño se analiza el ángulo de cara de banco, ancho de catch bench y posición del toe, y se cuantifica mediante la tabla 21.

Tabla 21*Tabla de valores asignados para factor de diseño*

COMPONENTES	VALORES ASIGNADOS	COMENTARIOS	
Ángulo de cara de banco ($50 \geq$ Diseño %)	Diseño -3°	50	Ángulo de cara de banco formado después de minado de acuerdo a diseño
	Diseño -5°	25	
	Diseño -10°	10	
		0	
Ancho de Catch Bench ($40 \geq$ Diseño %)	Diseño \geq Diseño	40	Ancho de catch bench alcanzado relativo al diseño
	Diseño -1m	35	
	Diseño -2m	25	
	Diseño -3m	15	
	Diseño -5m	0	
Posición de Toe (10 %)	Sobrediseño	10	Solo si el diseño de toe está siendo alcanzado
	Diseño -1m	8	
	Diseño -2m	5	
	Diseño -3m	0	

Nota. Fuente: Superintendencia de Geotecnia SPCC

Condición de cara de banco, se analizan los resultados de la cara de banco, empleando las componentes comenzando con la existencia de las medias cañas del precorte, abertura de las discontinuidades, la formación de bloques, perfil de la cara de banco y la condición de la cresta, esto se cuantifica aplicando la siguiente tabla 22.

Tabla 22*Tabla de valores asignados para condición de cara de banco*

COMPONENTES	VALORES ASIGNADOS	COMENTARIOS	
Medias cañas (20%)	≥ 80	20	Solo si las medias cañas son visibles en la parte inferior de la cara de banco reducir 5 a 10 puntos.
	70-80 %	15	
	60-70 %	12	
	50-60 %	8	
	30-50 %	5	
	10-30 %	2	
	<10 %	0	
Rotura de roca intacta (15 %)	<1/m3	15	Evaluación subjetiva interpolación de 0 a 15
	>5/m3	0	
Abertura de discontinuidades (10 %)	Todas cerradas	10	Evaluación subjetiva interpolación de 0 a 10
	Muchas abiertas	0	
Formación de bloques (20 %)	Sin bloques	20	Evaluación en terminos de riesgo de caída de rocas
	Pequeños bloques	15	
	Grandes bloques	10	
	Muchos bloques	0	
Perfil de cara de banco (20 %)	Straight	20	Forma de cara de banco y base para variaciones
	Toe duro	10	
	Overhang crest	5	
	Cara irregular	0	
Condiciones de la cresta (15 %)	Sobrediseño	15	Por pérdida de roca en cresta reducir de 0 a 5 puntos más
	Diseño -1m	12	
	Diseño -2m	10	
	Diseño -3m	5	
		0	

Nota. Fuente: Superintendencia de Geotecnia SPCC

Se considera que la aplicación de esta evaluación es importante, evalúa resultados que ya han sido generados. La presente investigación es para evitar el daño por voladura, por lo cual, basada en los datos que se obtienen a partir de la caracterización geomecánica, se ha calculado el índice de volabilidad, factor de carga y factor de energía; datos necesarios para el diseño de carga. Los resultados obtenidos se aplican antes de la voladura, evitando el daño que podría producir una sobrecarga de explosivo. Con ayuda del software especializado para voladura JKSimblast, se realizó una simulación predictiva donde describe el radio de influencia de la voladura, resultando 5.93 m para macizos de regular calidad y 5.37 para macizos de buena calidad; con estos datos se previene el daño, puesto que nos indica que la voladura tiene un radio de influencia, debe estar alejada del diseño a mayor longitud de la indicada.

DIAGRAMA DEL PROCESO DE VOLADURA

En la ilustración 65, se observa el proceso de una voladura y como el mapeo geomecánico aporta en ella. Del mapeo geomecánico de Bieniawski RMR, se obtienen los siguientes datos: RQD, Frecuencia de fracturamiento (FF), resistencia (UCS) y orientación de las estructuras; estos valores sirven para hallar el RMD (descripción del macizo rocoso, JPS (espaciamiento entre planos de juntas $100/FF$), S ($S=0.05*UCS$) y JPO (orientación de los planos de juntas), datos con los que se calcula el índice de volabilidad y a partir de este se halla el factor de energía, factor de carga, y factor de roca. El factor de carga y factor de energía el área de

perforación y voladura obtienen el diseño de carga, el cual es una parte del proceso de la voladura.

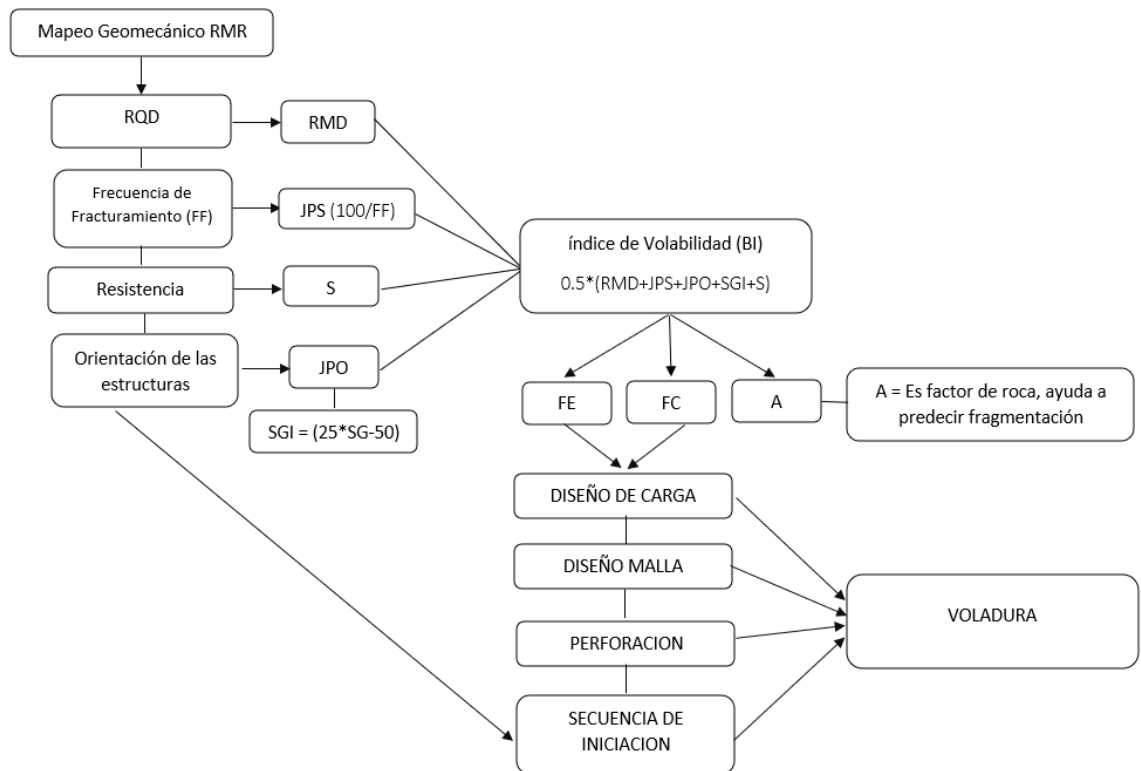
El proceso de voladura sigue la siguiente secuencia:

1. Diseño de malla
2. Perforación
3. Diseño de carga
4. Secuencia de iniciación.
5. Ejecución de la voladura

Con este diagrama lo que se ha demostrado, es que la caracterización geomecánica juega un papel importante para los diseños de voladura.

Figura 65

Diagrama del proceso de voladura



CONCLUSIONES

- La clasificación que ayuda en el diseño de voladura es el método de clasificación geomecánica de Bieniawski, combinado con el método SMR.
- El control de daño por voladura es determinado por la configuración estructural expuesta en el talud, la resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa y grado de fracturamiento.
- El método de Laubscher, proporciona bajos rangos de calificación, sin embargo, para el diseño de voladura se requiere datos concretos de resistencia y tamaño de bloque medio. Por lo cual se descarta este método.
- El método de índice de resistencia geológica no proporciona amplia información, por lo cual no es apropiado para el diseño de voladura.
- El método de SMR evalúa y califica cada estructura del macizo rocoso, el cual favorece en el diseño de voladura.
- El método Q-Slope, no proporciona información completa para el cálculo del diseño de voladura, debido a que no considera la resistencia a la compresión simple de la matriz rocosa.
- Mediante la correlación entre la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR) con el factor de carga y el factor de energía, se han obtenido ecuaciones aplicables para cada litología, considerándose confiables para el sector estudiado, ya que presentan un R^2 mayor a 0.9.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda emplear el método de clasificación geomecánica de Bieniawski combinado con el método SMR para el diseño de voladura.
- Se recomienda aplicar los factores de carga calculados a partir de los parámetros de macizo rocoso, con la finalidad de no sobredimensionar las cargas y reducir el factor energético.
- Se recomienda aplicar el método de Q-slope para un análisis post voladura, ya que califica si es estable, incierto o inestable.
- Se recomienda generar estadística de resultados de las voladuras aplicadas.
- De acuerdo con el resultado de la simulación de halos de energía, empleando los valores geotécnicos, se recomienda diseñar las voladuras a más de 7 metros del talud para evitar la energía que puede provocar daño al talud.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J., Quispe, J., Santiesteban, A. y Acosta, H. (2008). Épocas metalogenéticas y tipos de yacimientos metálicos en el margen occidental del Sur del Perú: latitudes 14°s -18°s.
- Arias, Fidas G. (2012). “El Proyecto de Investigación, Introducción a la metodología científica”. 6ª Edición, Editorial Episteme.
- Barton, N., Lien, R., & Lunde, J. (1974). Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support.
- Barton, N. (2002). Some new Q-value correlations to assist in site characterization and tunnel design Int. J. Rock Mech. & Min. Sci.
- Barton N, Bar N, (2015) Introducing the Q-slope method and its intended use within civil and mining engineering projects. Salzburg Eurock.
- Bar, N; Barton N., (2016) Paper Empirical slope design for hard and soft rocks using Q-slope Bar, Australia Copyright 2016 ARMA.
- Bellido B. y Landa C. (1965) Geología del Cuadrángulo de Moquegua -boletín 15 – INGEMMET.
- Bellido B. (1979). Geología del cuadrángulo de Moquegua. INGEMMET, Lima-Perú.
- Bieniawski, Z.T. (1976) Rock Mass Classification in Rock Engineering. Symposium Proceedings of Exploration for Rock Engineering.

- Bieniawski, Z.T. (1978) Determining Rock Mass Deformability: Experience from Case Histories. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences.
- Bieniawski, Z. T. -(1989)- Engineering Rock Mass Classification - New York: John Wiley & Sons.
- Brady, B. H. & E.T. Brown -(2004)- Rock mechanics for underground mining - 3rd ed., Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Coates, D. F. -(1973)- Fundamentos de mecánica de rocas - Madrid: Litoprint.
- Consorcio Río Locumba (2016) - Plan de aprovechamiento de RR. HH. para la cuenca del río Locumba”.
- Duncan, C.W., Christopher, W.M. -(2004)- Rock Slope Engineering. Taylor & Francis, New York, EUA.
- EXSA (2001). Manual Práctico de Voladura de EXSA. Lima.
- Fedorowich, J., 2017. Structural characterization and fault model development for Toquepala Mine, Phase III Report, Santiago: Toquepala GRT.
- Flores, C. (2017) Tesis - Comportamiento litológico respecto a la alteración yeso-anhidrita en mina Toquepala. UNSA – Arequipa.
- Google Maps (<https://www.google.com/maps>)
- Goodman, R.E., Bray J.W. (1977). Toppling of rock slopes. Proc. Special conference on Rock Engineering for Foundations and Slopes. Colorado, EEUU.

- Gonzáles de Vallejo, L.I., Ferrer, M., Oteo, C. (2004). Ingeniería Geológica. Pearson Educación, Madrid, España.
- Goodman, R. E. -(1989)- Introduction to rock mechanics - 2nd ed., New York.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2010) “Metodología de la Investigación” Quinta edición. McGRAW-HILL.
- Hoek E. & E. T. Brown (1980)- Underground excavations in rock - London: Institution of Mining and Metallurgy.
- Hoek, E and Brown, E.T. (1988). The Hoek-Brown failure criterion – a 1988 update. Proceedings of the 15th Canadian Rock Mechanics Symposium.
- Hoek, E., K. Kaiser, W.F. Bawden (1994) Support of underground excavations in hard rock A.A. Balkema, Rotterdam.
- Hoek, E., and Brown, E.T. (1998) Practical Estimates of Rock Mass Strength. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science.
- Hoek E., Carranza – Torres C., Borkum B. (2002) Hoek-Brown failure criterion – 2002 Edition.
- Hoek, E and Diederichs, M. (2006). Empirical estimates of rock mass modulus. Int. J Rock Mech. Min. Sci.
- John Read, Peter Stacey - (2009) - Guidelines for Open Pit Slope Design
- Jordá, Luis Rock Mech Rock Eng (2017) Application of Q slope to Assess the Stability of Rock Slopes in Madrid Province, Spain.

- Laubscher, D.H. and Jakubec, J. (2001) The MRMR Rock Mass Classification for Jointed Rock Masses. In: Hustrulid, W.A. and Bullock, R.L., Eds., Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Histories, SME, Littleton, Colorado.
- Lilly P. A. (1986) An empirical method of assessing rock mass blastability Proceedings of the Large Open Pit Mining Conference, The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, Melbourne.
- Lilly P. A. (1992) The use of The Blastability Index in the Design of Blasts for Open Pit Mines. Western Australian school of Mines. Curtin university of technology Kalgoorlie, Western Australia.
- López Jimeno C., López Jimeno Emilio, Pernia Llera Jose María, Ortiz de Urbina Fernansdi (2006) – Manual de Perforación y Voladura de Rocas- Instituto Geológico y Minero de España (IGME) Madrid España.
- Martínez W. y Zuolaga A. (2000) Memoria Explicativa de la geología del cuadrángulo de Moquegua (35-u) INGEMMET.
- Martínez W., Valladare J., Otero J., Leon W.y Marchena A. (2018) Estudio Metalogenético de la Faja magmática Jurásico – Cretácica, asociado a los depósitos minerales tipo IOCG y Pórfidos entre Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna. INGEMMET.
- Mattos, R. y Valle J. (1999). - Exploración, Geología y desarrollo del yacimiento Toquepala. Southern Perú.

- Mendevil S. (1965) Geología de los cuadrángulos de Maure y Antajave (Hojas 35-x, 35-y). INGEMMET. Perú.
- Muños, C.; Carrasco, V.; Calvo M. (2006) Factores Geológicos, Geotécnicos y Geomecánicos que controlan el proceso de Voladura en Lomas Bayas, Chile.
- Muños, Carlos.; Guerra, Nelson; Mancilla Paulo. (2007) Caracterización del Daño Inducido por Voladuras en la Matriz de Macizos Rocosos. Chile.
- Pino Vargas E., Collas Chávez M., Alfaro Ravello L. (2016) - Análisis hidrológico-económico de las alternativas de represamientos actuales y proyectados en la cuenca locumba, región Tacna. XXVII Congreso latinoamericano de hidráulica. Lima - Perú.
- Ramamurthy T. (1986) Stability of Rock Mass. 8th IGS Annual Lecture.
- Ramírez Oyanguren, P.; Alejano Monge, L. (2004) - Mecánica de Rocas Fundamentos e Ingeniería de Taludes. Madrid – España.
- Romana, M. (1985) New Adjustment Ratings for Application of Bieniawski Classification to Slopes. Proceedings of International Symposium on the Role of Rock Mechanics, International Society for Rock Mechanics, Salzburg.
- Serafim, J.L y Pereira, J.P. (1983) Considerations on the Geomechanical Classification of Bieniawski. Proceedings of International Symposium on Engineering Geology and Underground Openings, Lisbon, Portugal.
- Schlumberger Water Servises (2010) – Actualización plan de cierre Mina Toquepala.

- Stevenson, Fran B. (1968) Interpretación estructural del depósito de Toquepala – Primera parte. Southern Perú. Lima.
- Walsh Perú S.A. (2011) EIA “Ampliación de la concentradora Toquepala y recrecimiento del embalse de relaves de Quebrada Honda” Southern Perú
- Widzyk-Capehart, E; Lilly. (2001) A Review of General Considerations for Assesing Rock Mass Stability and Fragmentation.
- Wilson J. y García W. (1962) Geología de los cuadrángulos de Pachía y Palca. INGEMMET. Perú.

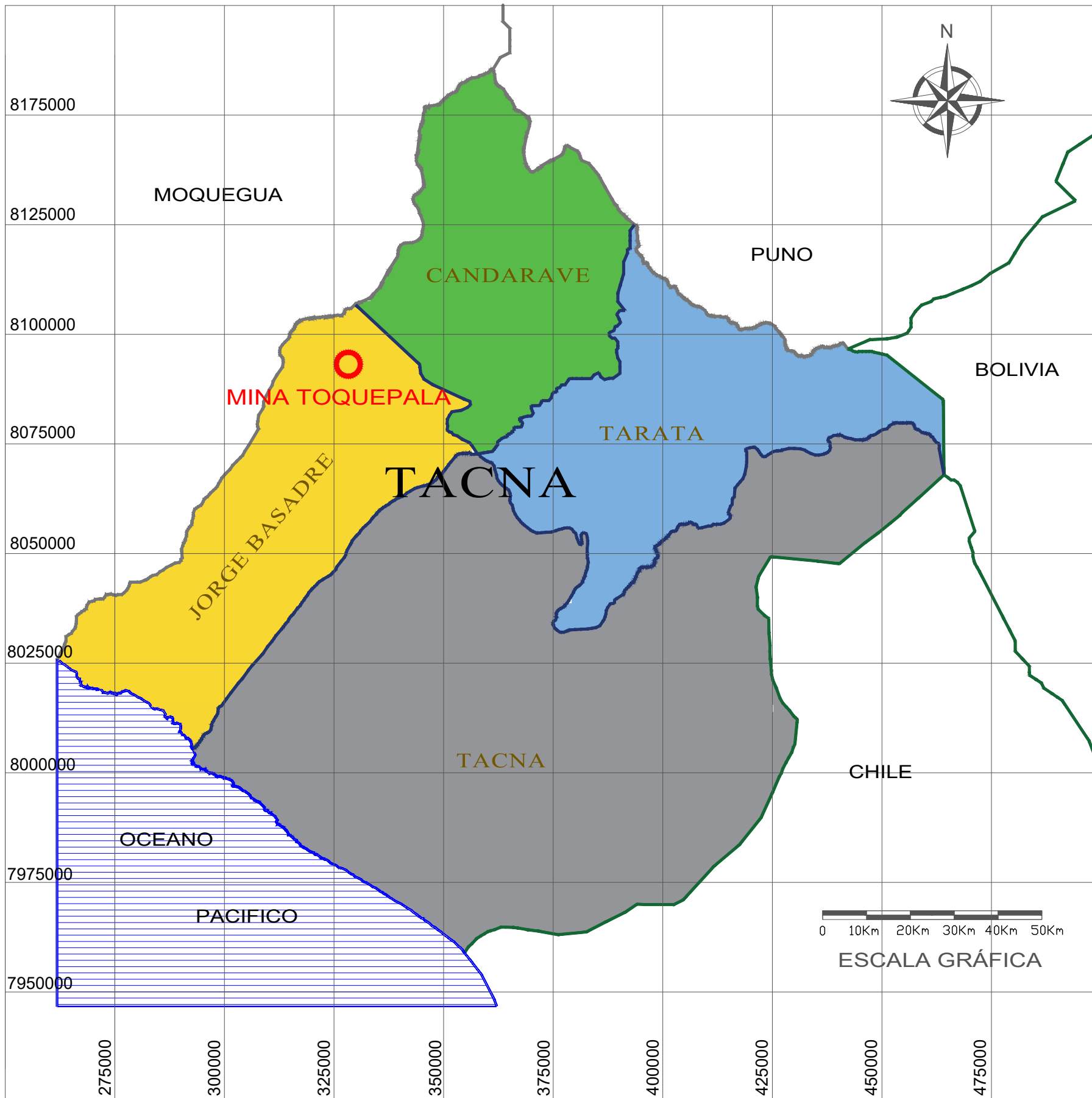
ANEXOS

ANEXOS 1 – MAPAS

- Mapa de ubicación
- Mapa geológico Regional
- Mapa geomorfológico Local
- Mapa litoestratigráfico local
- Columna estratigráfica
- Mapa geológico estructural local
- Mapa de ubicación de las zonas de estudio

LEYENDA

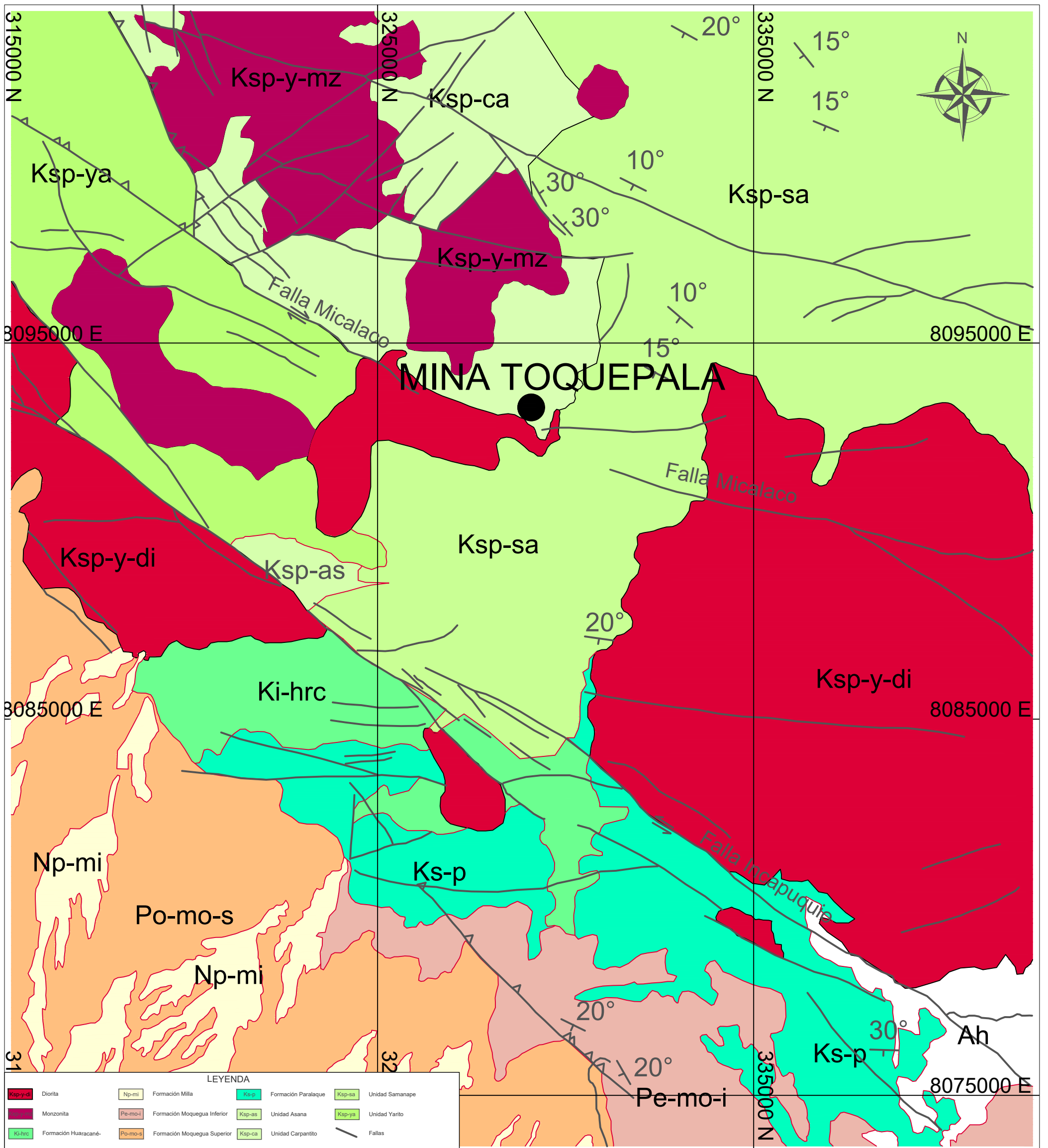
- LIMITE INTERNACIONAL
- LIMITE DE PROVINCIA
- LIMITE DE DISTRITOS
- MINA TOQUEPALA



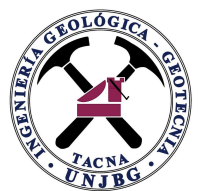
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNIA

MAPA DE UBICACIÓN

LUGAR: Mina Toquepala	DEPARTAMENTO: Tacna	PROVINCIA: Jorge Basadre	DISTRITO: Ilabaya	LÁMINA 01
REALIZADO POR: Andrea Orietta Bedoya Bacigalupo		ESCALA: Gráfica	FECHA: Febrero 2021	

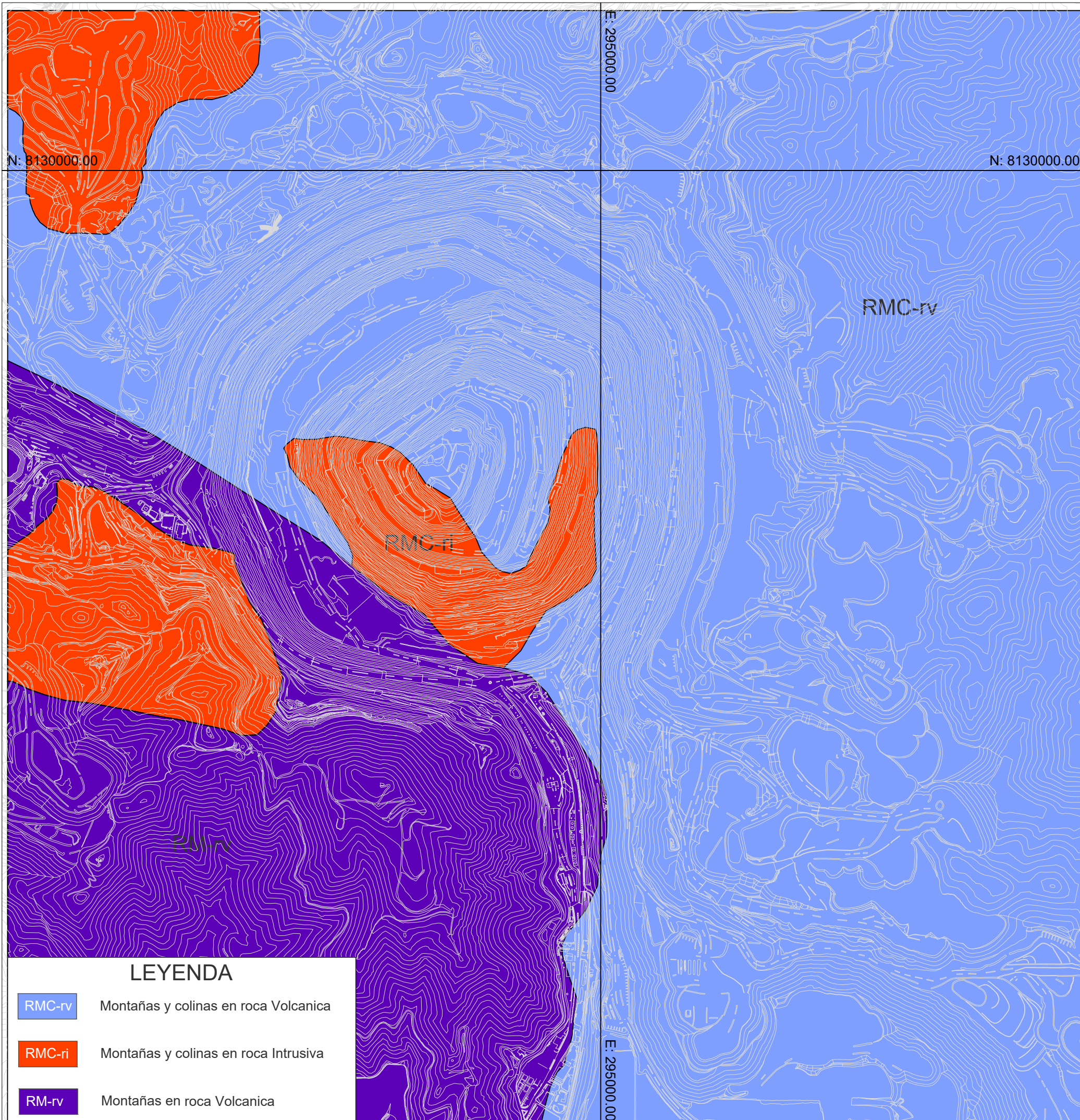


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNIA



MAPA GEOLÓGICO REGIONAL - MINA TOQUEPALA

FUENTE: Ingemmet	DEPARTAMENTO: Tacna	PROVINCIA: Jorge Basadre	DISTRITO: Ilabaya	LÁMINA 02
DIBUJO CAD : Andrea Orietta Bedoya Bacigalupo		ESCALA: 1:100,000	FECHA: Diciembre 2022	



LEYENDA

- RMC-rv Montañas y colinas en roca Volcanica
- RMC-ri Montañas y colinas en roca Intrusiva
- RM-rv Montañas en roca Volcanica

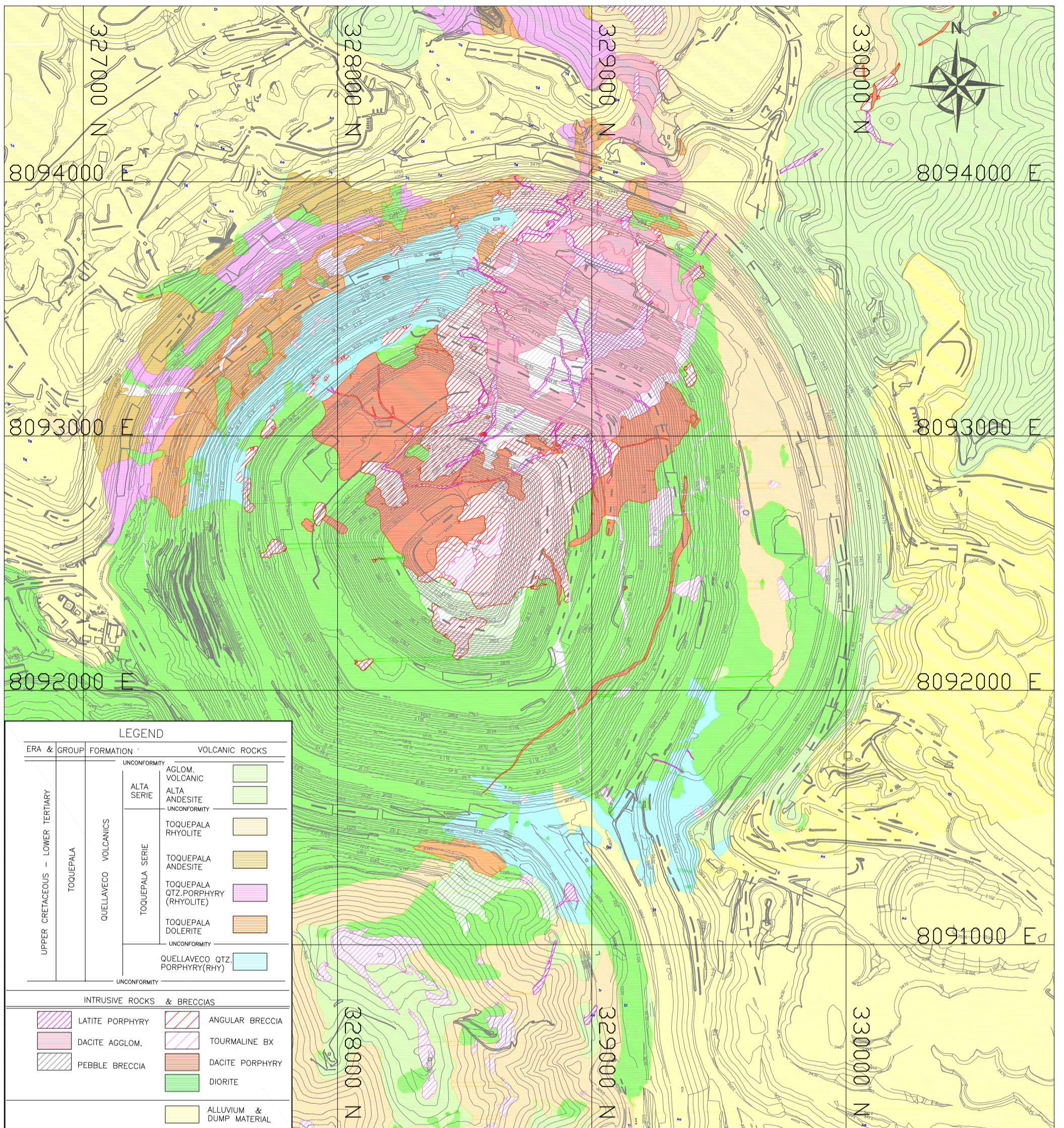


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNIA



MAPA GEOMORFOLÓGICO LOCAL - MINA TOQUEPALA

FUENTE: Ingemmet	DEPARTAMENTO: Tacna	PROVINCIA: Jorge Basadre	DISTRITO: Ilabaya	LÁMINA 03
DIBUJO CAD : Andrea Orietta Bedoya Bacigalupo		ESCALA: 1:20,000	FECHA: Diciembre 2022	


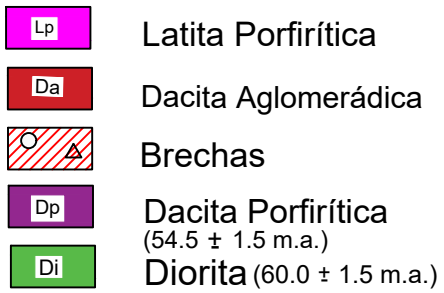



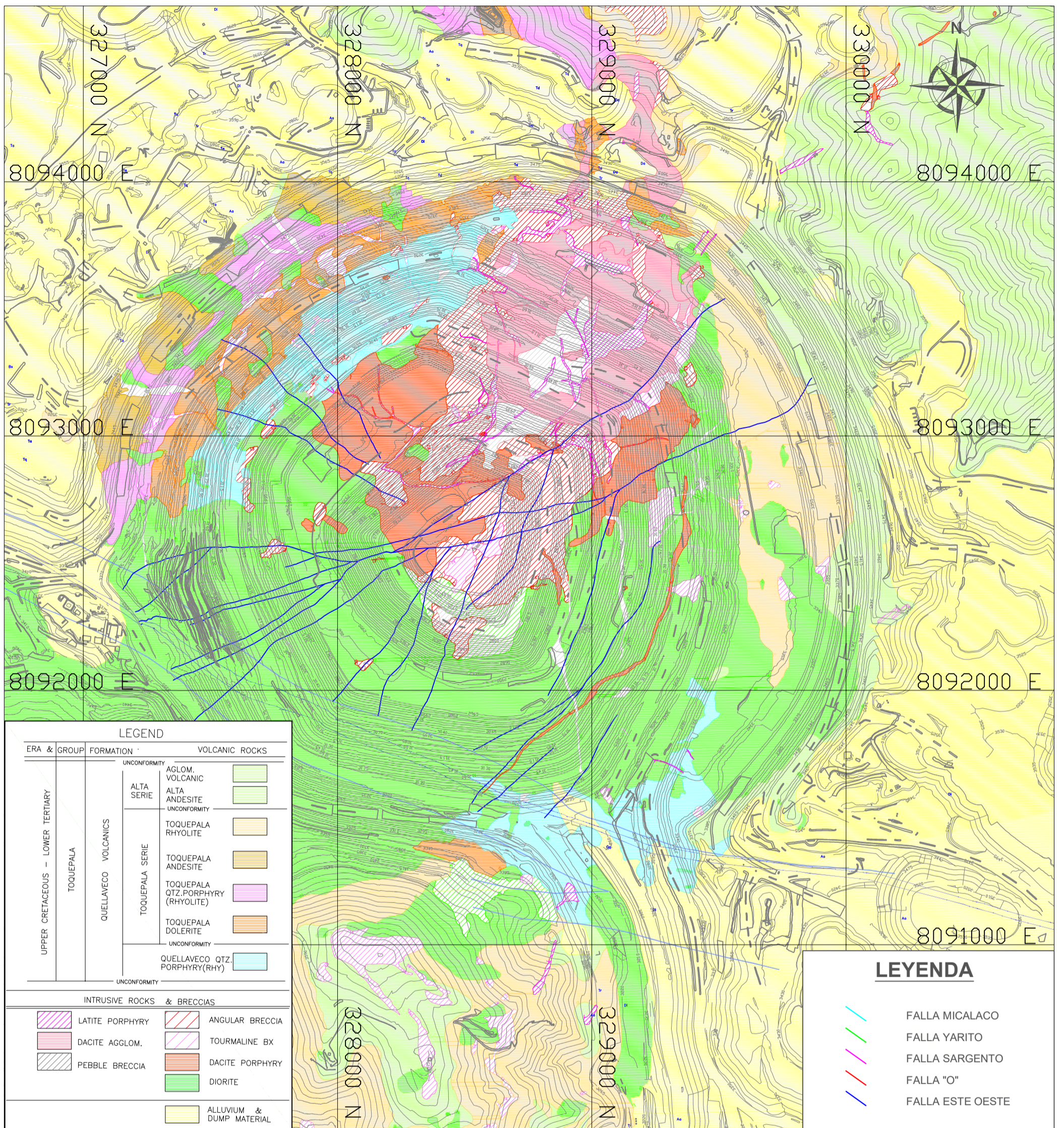
UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNIA



MAPA LITOESTRATIGRÁFICO LOCAL - MINA TOQUEPALA

HECHO POR: SPCC	DEPARTAMENTO: Tacna	PROVINCIA: Jorge Basadre	DISTRITO: Ilabaya	LÁMINA 04
DIBUJO CAD : Andrea Orietta Bedoya Bacigalupo		ESCALA: 1:15,000	FECHA: Agosto 2022	

SISTEMA	GRUPO	FORMACION	MIEMBRO	COLUMNA	ESPESOR	DESCRIPCION
CRETACEO SUPERIOR-TERCEARIO INFERIOR	GRUPO TOQUEPALA		DISCORDANCIA	Q - al	± 20mt.	Aluvial y material de relleno
				KsTi-Taa		ALTA ANDESITA O ALTO AGLOMERADO. Gran variación de tipos de rocas, incluidas andesitas, riolitas y aglomerados (Fragmentos angulares alargados) Ciertas capas tienen abundante turmalina en granos finos ; textura cristalina producida por feldespatos; potencia promedio de capas, 10 a 50m.
			DISCORDANCIA		± 900mt.	RIOLITA TOQUEPALA Muestra una suave ondulación, en el lado oeste brechas con matriz silícea, fino bandeamiento con cristales de feldespatos extensa gama de colores blanquesinos.
				KsTi-Ttr	± 75mt.	ANDESITA TOQUEPALA
				Di	± 60mt.	Gris claro a oscuro con textura afanítica bandeada, hay una capa con fenocristales de feldespatos planos y alargados como en la Td.
				KsTi-Tta		PORFIDO CUARCIFERO TOQUEPALA Abundante cuarzo, fenocristales de feldespatos, algunos sectores contienen diseminación de turmalina en cuarzo. presencia de alteración arcilla-sericita-cuarzo, la cual se asemeja a Dacita Porfírica alterada.
				KsTi-Ttd	± 100mt.	DOLERITA TOQUEPALA Bandeamiento, fenocristales alineados con el flujo, amarillentos a blancos. roca de grano fino con arcillas y sericita, sin mineralización de sulfuros; algunos niveles muestran aglomerados con Fragmentos de Porfido cuarcífero quellaveco cerca al piso.
				KsTi-Ttd	± 75mt.	
				Da		
				DISCORDANCIA		± 200mt.
				KsTi-Tqq		
				Dp		
				Bxs		
				Di		
				60.0 ± 1.5 m.a.		
				54.5 ± 1.5 m.a.		
LEYENDA			 UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNIA			
						
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA - MINA TOQUEPALA						
HECHO POR: Luciano Prieto (1977)		DEPARTAMENTO: Tacna		PROVINCIA: Jorge Basadre		DISTRITO: Ilabaya
DIBUJO CAD : Andrea Orietta Bedoya Bacigalupo			ESCALA: 0 100 m.		FECHA: Febrero 2021	
						LÁMINA 05



LEYENDA	
	FALLA MICALACO
	FALLA YARITO
	FALLA SARGENTO
	FALLA "O"
	FALLA ESTE OESTE

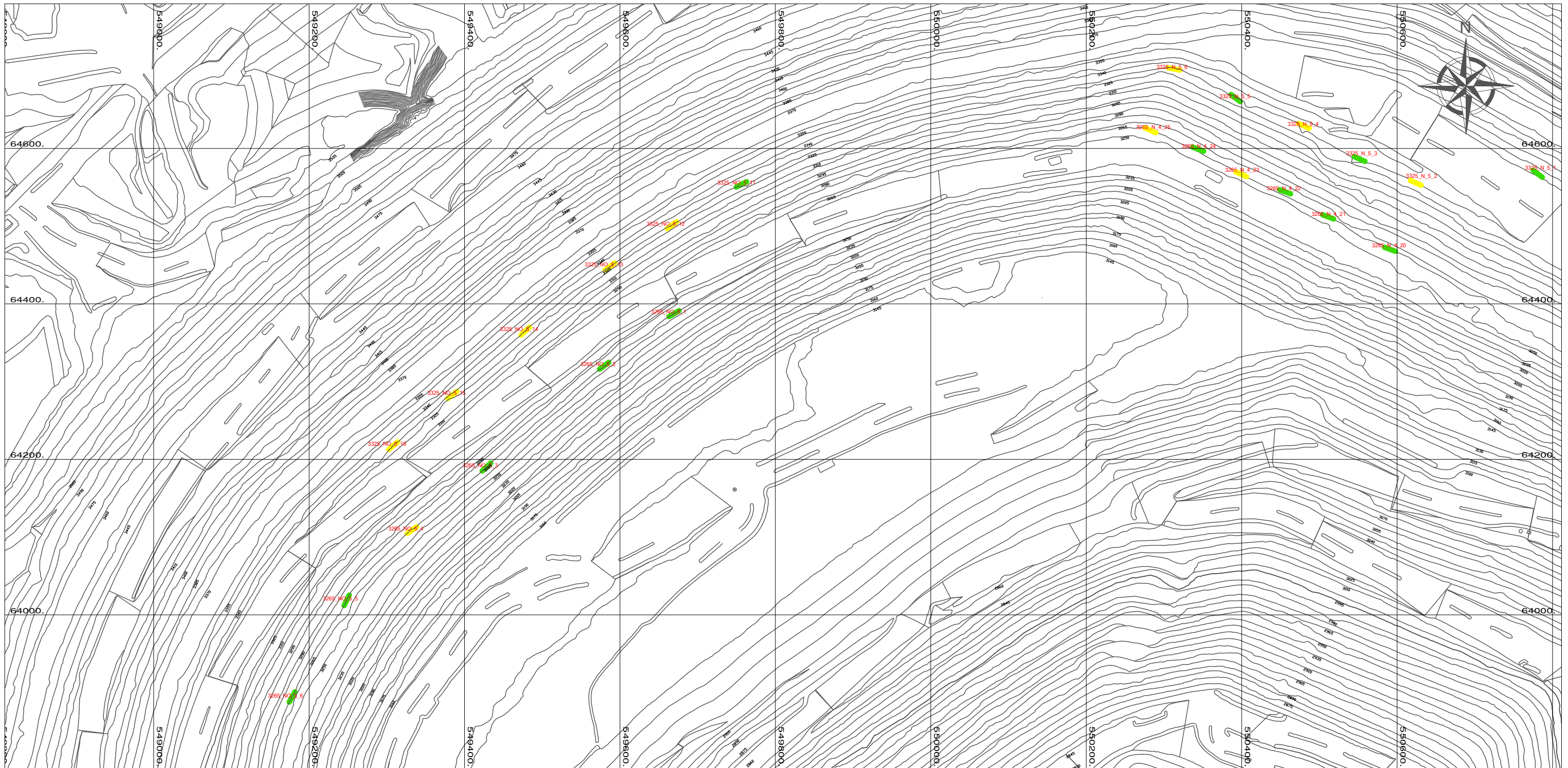


UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNIA



MAPA GEOLÓGICO ESTRUCTURAL LOCAL - MINA TOQUEPALA

HECHO POR: SPCC	DEPARTAMENTO: Tacna	PROVINCIA: Jorge Basadre	DISTRITO: Ilabaya	LÁMINA 06
DIBUJO CAD : Andrea Orietta Bedoya Bacigalupo		ESCALA: 1:15,000	FECHA: Agosto 2022	



LEYENDA

- █ CALIDAD GEOMECÁNICA DE MUY MALA
- █ CALIDAD GEOMECÁNICA MALA
- █ CALIDAD GEOMECÁNICA REGULAR
- █ CALIDAD GEOMECÁNICA BUENA
- █ CALIDAD GEOMECÁNICA MUY BUENA
- █ 3325_NO_5_13 CÓDIGO DE CELDA



UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ARQUITECTURA Y GEOTÉCNIA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA - GEOTÉCNIA



MAPA DE UBICACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

LUGAR: Mina Toquepala	DEPARTAMENTO: Tacna	PROVINCIA: Jorge Basadre	DISTRITO: Ilabaya	LÁMINA 07
REALIZADO POR: Andrea Orietta Bedoya Bacigalupo		ESCALA: Gráfica	FECHA: Agosto 2022	

ANEXOS 2 – ENSAYOS DE LABORATORIO

- Nivel 3265
- Nivel 3325

ENSAYOS DE LABORATORIO

Nivel 3265

ENSAYO DE PLT - BLOQUE

Superintendencia de Geotecnia
Mina Toquepala

Fuente: SPCC
Celda: 3265 N 4 20

Tipo: Muestras Irregulares

Muestra (Nº)	Litología	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D'	Espe. Post Falla P.cónicas D'	Tipo de ruptura			Angulo de ruptura			D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	σt (MPa)					
											E	M	C	⊥	=	<													
1	Da	19.94	40.17	98.3	97.5	97.90	128.00	70.45	38.16	38.16		X			X			2.0	68.97	4.19	1.16	4.84	126.30	116.27	6.06				
2	Da	22.13	54.32	96.91	99.96	97.21	100.40	60.16	43.18	43.18		X			X			11.1	73.1	4.14	1.19	4.91	131.64	117.92	6.14				
3	Da	17.05	34.31	75.51	78.18	87.74	120.51	60.18	30.91	30.91		X			X			3.4	58.76	4.94	1.08	5.31	128.95	127.44	6.64				
4	Da	18.42	55.50	80.43	81.81	79.31	105.16	59.18	52.38	52.38		X			X			3.1	72.73	3.48	1.18	4.12	110.17	98.93	5.15				
5	Da	12.16	37.17	83.5	91.16	82.66	11.16	53.18	35.21	35.21		X			X			2.0	60.87	3.28	1.09	3.59	88.40	86.06	4.48				
																			PROMEDIO	4.56	117.09	109.32	5.69						
																			DESV. ST	0.69	18.09	16.58	0.86						

E: Ruptura por estructura, M: Ruptura por matriz, C: Ruptura combinada. ⊥: Ruptura perpendicular, =: Ruptura paralela, <: Indicar ángulo de ruptura

Fórmulas:

$$\Rightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Rightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad I_{s(50)} = F \times I_s$$

$$UCS(1) = [14 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}] \quad (\text{Hoek y Brown-1980})$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)} \quad (\text{Broch y Franklin-1972})$$

Leyenda:

- | | | |
|--|--|--|
| PLT : Índice Carga Puntual | P : Carga de falla. | W : Altura de la muestra. |
| D : Diámetro testigo pre falla. | F : Factor de corrección diámetro de testigo. | F : Factor de corrección. |
| D' : Diámetro testigo post falla. | Is (50) : Índice de carga puntual normalizado. | Is(50) : Índice de carga puntual corregido. |
| De : Diámetro equivalente. | m : Uniaxial Compression Strength. | UCS : Resistencia a la Compresión Simple. |
| Is : Índice de carga puntual no corregido. | | σt : Resistencia a la Tracción (Roca Intacta). |
| P : Fuerza sometida a la muestra. | | |

ENSAYO DE PLT - BLOQUE

Superintendencia de Geotecnia
Mina Toquepala

Fuente: SPCC
Celda: 3265 N 4 21

Tipo: Muestras Irregulares

Muestra (Nº)	Litología	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.cónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Angulo de ruptura			D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	σt (MPa)				
											E	M	C	⊥	=	<												
1	Da	27.75	46.50	94.5	79.43	86.97	101.50	55.6	44.00	44.00		X			X			2.5	69.8	5.70	1.16	6.62	173.50	158.84	8.27			
2	Da	19.82	53.50	71.6	78.2	75.52	104.50	56.4	51.00	51.00		X			X			2.5	71.72	3.85	1.18	4.53	120.34	108.78	5.67			
3	Da	12.26	36.10	81.5	61.1	79.85	151.10	75.1	34.10	34.10		X			X			2.0	58.88	3.54	1.08	3.81	92.51	91.35	4.76			
4	Da	13.10	43.70	52.3	66.4	56.70	88.40	43.9	41.60	41.60		X			X			2.1	56.17	4.15	1.05	4.38	104.26	105.01	5.47			
5	Da	29.76	34.20	81.1	82	73.75	104.50	51.8	31.50	31.50		X			X			2.7	54.39	10.06	1.04	10.45	245.72	250.76	13.06			
																			PROMEDIO	5.96	147.27	142.95	7.45					
																			DESV. ST	2.73	63.16	65.47	3.41					

E: Ruptura por estructura, M: Ruptura por matriz, C: Ruptura combinada. ⊥: Ruptura perpendicular, =: Ruptura paralela, <: Indicar ángulo de ruptura

Fórmulas:

$$\Rightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Rightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad I_{s(50)} = F \times I_s$$

$$UCS(1) = [1.4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}] \quad (\text{Hoek y Brown-1980})$$

$$UCS(2) = 2.4 \times I_{s(50)} \quad (\text{Broch y Franklin-1972})$$

Leyenda:

- | | | |
|--|---|---|
| PLT : Índice Carga Puntual | : Carga de falla. | W : Altura de la muestra. |
| D : Diámetro testigo pre falla. | P : Factor de corrección diámetro de testigo. | F : Factor de corrección. |
| D' : Diámetro testigo post falla. | F : Índice de carga puntual normalizado. | I _{s(50)} : Índice de carga puntual corregido. |
| D _e : Diámetro equivalente. | IS (50) : Uniaxial Compression Strength. | UCS : Resistencia a la Compresión Simple. |
| I _s : Índice de carga puntual no corregido. | UCS | σt : Resistencia a la Tracción (Roca Intacta). |
| P : Fuerza sometida a la muestra. | | |

ENSAYO DE PLT - BLOQUE

Superintendencia de Geotecnia
Mina Toquepala

Fuente: SPCC
Celda: 3265 N 4 22

Tipo: Muestras Irregulares

Muestra (Nº)	Litología	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.cónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Angulo de ruptura			D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	σt (MPa)					
											E	M	C	⊥	=	<													
1	Da	15.10	53.10	90.4	94.70	92.55	102.40	51.30	51.70	51.70		X			X			1.4	79.1	2.41	1.23	2.97	82.60	71.20	3.71				
2	Da	14.65	35.40	94.7	92.80	94.70	110.30	55.70	33.80	33.80		X			X			1.6	65.33	3.43	1.13	3.87	98.46	92.92	4.84				
3	Da	13.80	37.10	85.9	85.30	89.35	95.60	46.80	36.10	36.10		X			X			1.0	64.97	3.27	1.13	3.68	93.32	88.28	4.60				
4	Da	14.80	45.00	70.4	71.90	77.85	120.30	61.70	43.80	43.80		X			X			1.2	66.79	3.32	1.14	3.78	97.09	90.71	4.72				
5	Da	21.68	50.10	85	88.70	78.45	110.40	55.80	48.17	48.17		X			X			1.9	70.74	4.33	1.17	5.06	133.60	121.55	6.33				
																			PROMEDIO	3.87	101.01	92.93	4.84						
																			DESV. ST	0.76	19.25	18.15	0.95						

E: Ruptura por estructura, M: Ruptura por matriz, C: Ruptura combinada. ⊥: Ruptura perpendicular, =: Ruptura paralela, <: Indicar ángulo de ruptura

Fórmulas:

$$\Rightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Rightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad I_{s(50)} = F \times I_s$$

$$UCS(1) = [14 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}] \quad (\text{Hoek y Brown-1980})$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)} \quad (\text{Broch y Franklin-1972})$$

Leyenda:

- | | | |
|--|--|---|
| PLT : Índice Carga Puntual | P : Carga de falla. | W : Altura de la muestra. |
| D : Diámetro testigo pre falla. | F : Factor de corrección diámetro de testigo. | F : Factor de corrección. |
| D' : Diámetro testigo post falla. | Is (50) : Índice de carga puntual normalizado. | I _{s(50)} : Índice de carga puntual corregido. |
| De : Diámetro equivalente. | m : Uniaxial Compression Strength. | UCS : Resistencia a la Compresión Simple. |
| Is : Índice de carga puntual no corregido. | | σt : Resistencia a la Tracción (Roca Intacta). |
| P : Fuerza sometida a la muestra. | | |

ENSAYO DE PLT - BLOQUE

Superintendencia de Geotecnia
Mina Toquepala

Fuente: SPCC
Celda: 3265 N 4 23

Tipo: Muestras Irregulares

Muestra (Nº)	Litología	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplicacarga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.cónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Angulo de ruptura			D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	σt (MPa)		
											E	M	C	⊥	=	<										
1	Da	16.95	35.10	89.2	91.90	90.55	140.90	71.00	34.20	34.20		X		X				0.9	63.61	4.19	1.11	4.67	117.33	112.04	5.84	
2	Da	24.24	38.30	90.5	92.80	91.20	90.00	45.30	35.70	35.70		X			X			2.6	64.39	5.85	1.12	6.55	165.54	157.23	8.19	
3	Da	39.65	42.80	87.7	89.10	90.25	110.30	54.70	38.90	38.90		X			X			3.9	66.86	8.87	1.14	10.11	259.80	242.61	12.64	
4	Da	37.00	41.10	78.3	79.80	83.70	113.00	56.20	39.60	39.60		X		X				1.5	66.18	8.45	1.13	9.58	245.17	230.01	11.98	
5	Da	32.00	38.30	80.3	84.10	80.05	102.30	51.80	35.18	35.18		X			X			3.1	59.88	8.92	1.08	9.68	236.93	232.29	12.10	
																	PROMEDIO	8.12	204.95	194.84	10.15					
																	DESV. ST	2.39	60.99	57.43	2.99					

E: Ruptura por estructura, M: Ruptura por matriz, C: Ruptura combinada. ⊥: Ruptura perpendicular, =: Ruptura paralela, <: Indicar ángulo de ruptura

Fórmulas:

$$\Rightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Rightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad I_{s(50)} = F \times I_s$$

$$UCS(1) = [14 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}] \quad (\text{Hoek y Brown-1980})$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)} \quad (\text{Broch y Franklin-1972})$$

Leyenda:

- | | | |
|--|--|---|
| PLT : Índice Carga Puntual | P : Carga de falla. | W : Altura de la muestra. |
| D : Diámetro testigo pre falla. | F : Factor de corrección diámetro de testigo. | F : Factor de corrección. |
| D' : Diámetro testigo post falla. | Is (50) : Índice de carga puntual normalizado. | I _{s(50)} : Índice de carga puntual corregido. |
| De : Diámetro equivalente. | m : Uniaxial Compression Strength. | UCS : Resistencia a la Compresión Simple. |
| Is : Índice de carga puntual no corregido. | | σt : Resistencia a la Tracción (Roca Intacta). |
| P : Fuerza sometida a la muestra. | | |

ENSAYO DE PLT - BLOQUE

Superintendencia de Geotecnia
Mina Toquepala

Fuente: SPCC
Celda: 3265 N 4 24

Tipo: Muestras Irregulares

Muestra (Nº)	Litología	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.cónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Angulo de ruptura			D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	σt (MPa)					
											E	M	C	⊥	=	<													
1	Da	22.80	42.10	100.3	101.40	100.85	130.80	64.80	40.20	40.20		X			X			1.9	73.52	4.22	1.19	5.02	134.79	120.42	6.27				
2	Da	21.73	39.90	97.8	95.90	99.60	136.80	68.30	37.80	37.80		X			X			2.1	69.24	4.53	1.16	5.25	137.05	125.95	6.56				
3	Da	16.94	36.10	91.3	92.40	93.60	111.80	55.70	34.20	36.20		X			X			1.9	63.84	4.16	1.12	4.64	116.79	111.35	5.80				
4	Da	31.16	54.30	90.8	92.80	91.60	109.30	34.90	53.90	33.90		X		X				0.4	79.58	4.92	1.23	6.06	169.37	145.55	7.58				
5	Da	28.64	44.70	100.8	102.70	96.80	101.80	50.30	41.90	41.90		X		X				2.8	71.86	5.55	1.18	6.53	173.53	156.71	8.16				
																			PROMEDIO	5.50	146.31	131.99	6.87						
																			DESV. ST	0.78	24.30	18.65	0.97						

E: Ruptura por estructura, M: Ruptura por matriz, C: Ruptura combinada. ⊥: Ruptura perpendicular, =: Ruptura paralela, <: Indicar ángulo de ruptura

Fórmulas:

$$\Rightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Rightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad I_{s(50)} = F \times I_s$$

$$UCS(1) = [14 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}] \quad (\text{Hoek y Brown-1980})$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)} \quad (\text{Broch y Franklin-1972})$$

Leyenda:

- | | | |
|--|--|---|
| PLT : Índice Carga Puntual | P : Carga de falla. | W : Altura de la muestra. |
| D : Diámetro testigo pre falla. | F : Factor de corrección diámetro de testigo. | F : Factor de corrección. |
| D' : Diámetro testigo post falla. | Is (50) : Índice de carga puntual normalizado. | I _{s(50)} : Índice de carga puntual corregido. |
| De : Diámetro equivalente. | m : Uniaxial Compression Strength. | UCS : Resistencia a la Compresión Simple. |
| Is : Índice de carga puntual no corregido. | | σt : Resistencia a la Tracción (Roca Intacta). |
| P : Fuerza sometida a la muestra. | | |

ENSAYO DE PLT - BLOQUE

Superintendencia de Geotecnia
Mina Toquepala

Fuente: SPCC
Celda: 3265 N 4 25

Tipo: Muestras Irregulares

Muestra (Nº)	Litología	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.cónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Angulo de ruptura			D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	σt (MPa)						
											E	M	C	⊥	=	<														
1	Da	6.67	32.00	89.5	87	88.25	100.00	54	30.50	30.50		X		X			1.5	59.96	1.86	1.09	2.01	49.31	48.32	2.52						
2	Da	13.91	36.00	70	72	78.50	139.00	71	34.50	34.50		X		X			1.5	59.98	3.87	1.09	4.20	102.80	100.71	5.25						
3	Da	16.94	36.50	75	78	73.50	105.00	52	34.00	34.00		X		X			2.5	56.41	5.32	1.06	5.62	134.17	134.89	7.03						
4	Da	30.98	41.50	75	76	76.50	87.00	44	37.50	37.50		X			X		4.0	60.44	8.48	1.09	9.24	227.00	221.67	11.55						
5	Da	26.68	39.00	57	69	66.50	112.00	56	34.50	34.50		X		X			4.5	54.05	9.13	1.04	9.46	221.88	227.00	11.82						
																				PROMEDIO	6.10	147.03	146.52	7.63						
																				DESV. ST	3.23	76.92	77.46	4.03						

E: Ruptura por estructura, M: Ruptura por matriz, C: Ruptura combinada. ⊥: Ruptura perpendicular, =: Ruptura paralela, <: Indicar ángulo de ruptura

Fórmulas:

$$\Leftrightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Leftrightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad I_{s(50)} = F \times I_s$$

$$UCS(1) = [14 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}] \quad (\text{Hoek y Brown-1980})$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)} \quad (\text{Broch y Franklin-1972})$$

Leyenda:

- | | | |
|--|--|---|
| PLT : Índice Carga Puntual | P : Carga de falla. | W : Altura de la muestra. |
| D : Diámetro testigo pre falla. | F : Factor de corrección diámetro de testigo. | F : Factor de corrección. |
| D' : Diámetro testigo post falla. | Is (50) : Índice de carga puntual normalizado. | I _{s(50)} : Índice de carga puntual corregido. |
| De : Diámetro equivalente. | m : Uniaxial Compression Strength. | UCS : Resistencia a la Compresión Simple. |
| Is : Índice de carga puntual no corregido. | | σt : Resistencia a la Tracción (Roca Intacta). |
| P : Fuerza sometida a la muestra. | | |

Fuente: SPCC
Celda: 3265_NO_5_1

Muestra (Nº)	Litología	Constante correlación K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic. carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P. cónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Forma de ruptura			Calidad Ruptura (B/M)	Validación Ensayo (V/F)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	σt (MPa)
												E	M	C	⊥	=	<							
1	Di-Prop	19.80	17.24	45.02	82.21	84.30	83.26	92.50	45.89	42.54	42.54			x			x	B	V	4.37	112.43	104.78	86.45	8.15
2	Di-Prop	19.80	38.00	39.09	76.54	73.90	75.22	106.95	57.77	37.43	37.43		x			x	B	V	11.11	274.62	266.75	220.07	20.74	
3	Di-Prop	19.80	31.73	42.11	58.71	65.75	62.23	96.12	50.56	36.65	36.65		x			x	B	V	11.30	264.78	271.21	223.75	21.09	
4	Di-Prop	19.80	22.71	38.76	78.33	74.02	76.18	121.30	54.96	34.50	34.50		x			x	B	V	7.25	174.81	173.91	143.47	13.52	
5	Di-Prop	19.80	40.13	39.69	74.19	66.33	70.26	84.52	40.68	37.76	37.76		x			x	B	V	12.23	298.75	293.51	242.15	22.82	
6	Di-Prop	19.80	27.91	33.38	76.77	74.93	75.85	84.72	42.91	31.62	31.62		x			x	B	V	9.56	226.30	229.46	189.30	17.84	
7	Di-Prop	19.80	24.18	36.33	76.74	63.92	70.33	88.80	41.91	34.99	34.99		x			x	B	V	7.89	189.12	189.26	156.14	14.72	
8	Di-Prop	19.80	31.30	31.00	76.43	83.27	79.85	90.19	41.29	30.10	30.10		x			x	B	V	10.46	249.26	251.10	207.16	19.52	
PROMEDIO																				9.27	223.76	222.50	183.56	17.30

E: Ruptura por Estructura, M: Ruptura por Matriz, C: Ruptura Combinada. ⊥: Ruptura Perpendicular, =: Ruptura Paralela, <: Angulo de Ruptura

Fórmulas:

$$\Leftrightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Leftrightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

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

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

$$UCS(1) = [14 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}]$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = 10.61 \times \sigma_t$$

(Hoek y Brown-1980)

(Broch y Franklin-1972)

(SPCC - 2015)

Kahraman et al. (2012)

Leyenda:

K : Constante de correlacion.
P : Fuerza aplicada sobre la muestra.
D : Espesor de la muestra.
D' : Espesor de la muestra despues de la ruptura (Post Falla).

W1 y W2 : Ancho de la muestra.
L : Distancia aplicada de carga
W : (Ancho superior + inferior)/2
L' : Largo de la muestra

Is(50) : Índice de carga puntual normalizado.
UCS : Resistencia a la Compresión Simple.
σt : Resistencia a la Tracción.

B / M : Ruptura Buena o Mala
V / F : Ensayo Valido o Invalido

Fuente: SPCC
Celda: 3265_NO_5_2

Muestra (Nº)	Litología	Constante correlación K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.ónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Forma de ruptura			Calidad Ruptura (B/M)	Validación Ensayo (V/F)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	σt (MPa)
												E	M	C	⊥	=	<							
1	Di-Prop	19.80	36.06	33.41	99.71	93.11	96.41	107.72	52.60	32.11	32.11		x			x		B	V	9.83	247.75	235.89	194.61	18.34
2	Di-Prop	19.80	25.01	29.42	87.14	90.41	88.78	123.33	53.45	27.89	27.89		x			x		B	V	8.36	199.13	200.58	165.48	15.80
3	Di-Prop	19.80	32.40	31.17	80.07	76.08	78.08	102.87	50.79	29.64	29.64		x			x		B	V	10.98	260.56	263.41	217.31	20.48
4	Di-Prop	19.80	28.71	33.10	85.87	70.90	78.39	112.31	56.20	31.53	31.53		x			x		B	V	9.25	222.60	222.05	183.19	17.27
5	Di-Prop	19.80	24.13	31.96	75.45	71.22	73.34	146.20	77.03	32.14	32.14		x			x		B	V	8.41	198.24	201.94	166.60	15.70
6	Di-Prop	19.80	22.13	34.60	102.25	98.96	100.61	111.14	43.37	31.55	31.55		x			x		B	V	6.10	153.29	146.42	120.80	11.39
7	Di-Prop	19.80	33.27	34.64	99.02	97.28	98.15	109.61	58.05	33.27	33.27		x			x		B	V	8.70	221.89	208.73	172.20	16.23
8	Di-Prop	19.80	31.67	35.59	82.29	75.86	79.08	106.28	51.41	34.96	34.96		x			x		B	V	9.58	234.57	230.02	189.76	17.89
PROMEDIO																				8.90	217.25	213.63	176.24	16.61

E: Ruptura por Estructura, M: Ruptura por Matriz, C: Ruptura Combinada. ⊥: Ruptura Perpendicular, =: Ruptura Paralela, <: Angulo de Ruptura

Fórmulas:

$$\Rightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{A(W \times D) / \pi'}$$

$$\Rightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{4(W \times D') / \pi'}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

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

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

$$UCS(1) = [1.4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}]$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = 10.61 \times \sigma_t$$

(Hoek y Brown-1980)

(Broch y Franklin-1972)

(SPPC - 2015)

Kahraman et al. (2012)

Leyenda:

K : Constante de correlacion.
P : Fuerza aplicada sobre la muestra.
D : Espesor de la muestra.
D' : Espesor de la muestra despues de la ruptura (Post Falla).

W1 y W2 : Ancho de la muestra.
L : Distancia aplicada de carga
W : (Ancho superior + inferior)/2
L' : Largo de la muestra

Is(50) : Índice de carga puntual normalizado.
UCS : Resistencia a la Compresión Simple.
σt : Resistencia a la Tracción.

B / M : Ruptura Buena o Mala
V / F : Ensayo Valido o Invalido

Fuente: SPCC
Celda: 3265_NO_5_3

Muestra (Nº)	Litología	Constante correlación K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.ónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Forma de ruptura			Calidad Ruptura (B/M)	Validación Ensayo (V/F)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	σt (MPa)	
												E	M	C	⊥	=	<								
1	Di-Prop	19.80	32.77	33.50	80.07	96.18	88.13	99.41	50.44	32.52	32.52		x			x			B	V	9.56	236.31	229.34	189.20	17.83
2	Di-Prop	19.80	24.08	32.65	96.63	86.19	91.41	108.88	52.36	30.04	30.04		x			x			B	V	7.43	180.83	178.25	147.06	13.86
3	Di-Prop	19.80	21.16	37.04	81.23	81.47	81.35	92.81	45.73	35.93	35.93		x			x			B	V	6.07	150.86	145.76	120.25	11.33
4	Di-Prop	19.80	23.50	37.51	77.76	77.45	77.61	86.64	44.21	35.23	35.23		x			x			B	V	7.27	176.91	174.55	144.00	13.57
5	Di-Prop	19.80	31.67	32.73	82.12	81.75	81.94	120.68	61.79	30.81	30.81		x			x			B	V	10.43	249.43	250.26	206.46	19.46
6	Di-Prop	19.80	33.21	30.75	75.45	93.49	84.47	111.49	59.13	30.13	30.13		x			x			B	V	10.69	257.34	256.65	211.74	19.96
7	Di-Prop	19.80	27.83	34.85	88.48	85.73	87.11	121.97	63.68	32.43	32.43		x			x			B	V	8.40	205.71	201.55	166.28	15.67
8	Di-Prop	19.80	26.16	31.16	93.60	82.78	88.19	107.64	56.72	29.78	29.78		x			x			B	V	8.06	196.38	193.55	159.67	15.05
											PROMEDIO						8.49	206.72	203.74	168.08	15.84				

E: Ruptura por Estructura, M: Ruptura por Matriz, C: Ruptura Combinada. ⊥: Ruptura Perpendicular, =: Ruptura Paralela, <: Angulo de Ruptura

Fórmulas:

$$\Leftrightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{A(W \times D) / \sigma'} \\ \Leftrightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{4(W \times D') / \sigma'}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

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

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

$$UCS(1) = [1.4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}] \quad (\text{Hoek y Brown-1980})$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)} \quad (\text{Broch y Franklin-1972})$$

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)} \quad (\text{SPPC - 2015})$$

$$UCS(3) = 10.61 \times \sigma_t \quad (\text{Kahraman et al. (2012)})$$

Leyenda:

K : Constante de correlacion.
P : Fuerza aplicada sobre la muestra.
D : Espesor de la muestra.
D' : Espesor de la muestra despues de la ruptura (Post Falla).

W1 y W2 : Ancho de la muestra.
L : Distancia aplicada de carga
W : (Ancho superior + inferior)/2
L' : Largo de la muestra

Is(50) : Índice de carga puntual normalizado.
UCS : Resistencia a la Compresión Simple.
σt : Resistencia a la Tracción.

B / M : Ruptura Buena o Mala
V / F : Ensayo Valido o Invalido

Fuente: SPCC
Celda: 3265_NO_5_4

Muestra (Nº)	Litología	Constante correlación K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.ónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Forma de ruptura			Calidad Ruptura (B/M)	Validación Ensayo (V/F)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	σt (MPa)
												E	M	C	⊥	=	<							
1	Di-Prop	19.80	16.29	30.30	72.10	74.48	73.29	118.59	58.92	28.00	28.00		x			x		B	V	6.30	144.47	151.11	124.66	11.75
2	Di-Prop	19.80	28.33	35.23	78.30	74.90	76.60	107.29	49.06	34.08	34.08		x			x		B	V	8.86	214.83	212.54	175.35	16.53
3	Di-Prop	19.80	34.24	37.86	69.85	63.96	66.91	99.35	51.11	34.77	34.77		x			x		B	V	12.01	282.54	288.26	237.81	22.41
4	Di-Prop	19.80	32.99	36.48	55.15	67.81	61.48	135.84	68.67	34.64	34.64		x			x		B	V	12.39	286.40	297.40	245.36	23.13
5	Di-Prop	19.80	20.86	23.95	72.24	74.76	73.50	103.18	52.88	22.18	22.18		x			x		B	V	9.64	211.77	231.30	190.83	17.99
6	Di-Prop	19.80	25.16	34.91	85.69	84.76	85.23	103.35	49.03	32.16	32.16		x			x		B	V	7.77	189.16	186.54	153.89	14.50
7	Di-Prop	19.80	29.08	25.07	99.69	93.45	96.57	129.70	62.20	24.42	24.42		x			x		B	V	9.89	234.53	237.34	195.81	18.45
8	Di-Prop	19.80	14.77	40.10	54.59	59.99	57.29	111.04	63.37	39.10	39.10			x		x		B	V	5.23	122.75	125.56	103.59	9.76
PROMEDIO																				9.01	210.81	216.26	178.41	16.82

E: Ruptura por Estructura, M: Ruptura por Matriz, C: Ruptura Combinada. ⊥: Ruptura Perpendicular, =: Ruptura Paralela, <: Angulo de Ruptura

Fórmulas:

$$\Rightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Rightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

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

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

$$UCS(1) = [1.4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}]$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = 10.61 \times \sigma_t$$

(Hoek y Brown-1980)

(Broch y Franklin-1972)

(SPPC - 2015)

Kahraman et al. (2012)

Leyenda:

K : Constante de correlación.
P : Fuerza aplicada sobre la muestra.
D : Espesor de la muestra.
D' : Espesor de la muestra despues de la ruptura (Post Falla).

W1 y W2 : Ancho de la muestra.
L : Distancia aplicada de carga
W : (Ancho superior + inferior)/2
L' : Largo de la muestra

Is(50) : Índice de carga puntual normalizado.
UCS : Resistencia a la Compresión Simple.
σt : Resistencia a la Tracción.

B / M : Ruptura Buena o Mala
V / F : Ensayo Valido o Invalido

Fuente: SPCC
Celda: 3265_NO_5_5

Muestra (Nº)	Litología	Constante correlación K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.ónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Forma de ruptura			Calidad Ruptura (B/M)	Validación Ensayo (V/F)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	σt (MPa)
												E	M	C	⊥	=	<							
1	Di-Prop	19.80	35.81	31.46	73.56	74.21	73.89	134.55	63.23	29.82	29.82		x			x		B	V	13.10	304.86	314.46	259.43	24.45
2	Di-Prop	19.80	29.92	29.98	66.41	67.94	67.18	103.33	53.56	27.45	27.45		x			x		B	V	12.57	282.48	301.60	248.82	23.45
3	Di-Prop	19.80	20.90	29.10	71.16	69.94	70.55	129.68	70.54	27.67	27.67			x		x		B	V	8.08	185.31	193.81	159.89	15.07
4	Di-Prop	19.80	20.16	31.64	75.37	90.62	83.00	138.24	70.17	28.56	28.56			x		x		B	V	6.97	164.55	167.24	137.97	13.00
5	Di-Prop	19.80	26.57	29.31	63.29	62.22	62.76	96.27	54.66	27.77	27.77		x			x		B	V	11.66	259.27	279.73	230.78	21.75
6	Di-Prop	19.80	16.66	31.64	84.16	85.53	84.85	96.20	50.27	28.87	28.87		x			x		B	V	5.61	133.46	134.73	111.15	10.48
7	Di-Prop	19.80	24.53	30.20	69.16	62.15	65.66	93.20	36.53	27.48	27.48					x		B	V	10.48	234.55	251.44	207.44	19.55
8	Di-Prop	19.80	24.10	28.99	79.81	74.58	77.20	88.45	43.89	27.40	27.40		x			x		B	V	9.10	210.06	218.43	180.20	16.98
PROMEDIO																				9.69	221.82	232.68	191.96	18.09

E: Ruptura por Estructura, M: Ruptura por Matriz, C: Ruptura Combinada. ⊥: Ruptura Perpendicular, =: Ruptura Paralela, <: Angulo de Ruptura

Fórmulas:

$$\Leftrightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{A(W \times D) / \sigma'} \\ \Leftrightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{A(W \times D') / \sigma'}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

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

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

$$UCS(1) = [1.4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}]$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = 10.61 \times \sigma_t$$

(Hoek y Brown-1980)

(Broch y Franklin-1972)

(SPPC - 2015)

Kahraman et al. (2012)

Leyenda:

K : Constante de correlacion.
P : Fuerza aplicada sobre la muestra.
D : Espesor de la muestra.
D' : Espesor de la muestra despues de la ruptura (Post Falla).

W1 y W2 : Ancho de la muestra.
L : Distancia aplicada de carga
W : (Ancho superior + inferior)/2
L' : Largo de la muestra

Is (50) : Índice de carga puntual normalizado.
UCS : Resistencia a la Compresión Simple.
σt : Resistencia a la Tracción.

B / M : Ruptura Buena o Mala
V / F : Ensayo Valido o Invalido

Fuente: SPCC
Celda: 3265_NO_5_6

Muestra (Nº)	Litología	Constante correlación K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.ónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Forma de ruptura			Calidad Ruptura (B/M)	Validación Ensayo (V/F)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	σt (MPa)
												E	M	C	⊥	=	<							
1	Di-Prop	19.80	33.21	39.10	69.85	65.45	67.65	121.51	67.05	36.81	36.81		x			x		B	V	11.05	263.57	265.18	218.77	20.62
2	Di-Prop	19.80	32.45	36.42	67.87	65.78	66.83	97.98	47.97	34.10	34.10		x			x		B	V	11.57	270.96	277.60	229.02	21.99
3	Di-Prop	19.80	29.57	31.85	59.87	72.26	66.07	122.61	62.37	29.78	29.78		x			x		B	V	11.81	268.77	283.43	233.83	22.04
4	Di-Prop	19.80	29.40	29.44	78.22	74.68	76.45	102.55	47.08	26.61	26.61		x			x		B	V	11.44	262.10	274.63	226.57	21.35
5	Di-Prop	19.80	26.10	30.38	71.26	72.20	71.73	92.71	50.88	28.35	28.35		x			x		B	V	10.16	232.74	243.87	201.20	18.96
6	Di-Prop	19.80	21.90	26.80	75.53	74.13	74.83	91.60	46.85	24.94	24.94		x			x		B	V	9.11	205.27	218.65	180.39	17.00
7	Di-Prop	19.80	26.66	28.29	81.01	82.87	81.94	95.01	49.50	25.76	25.76		x			x		B	V	10.08	232.64	241.99	199.64	18.82
8	Di-Prop	19.80	30.18	27.62	58.58	71.78	65.18	126.19	58.29	26.38	26.38		x			x		B	V	12.91	288.92	309.85	255.63	24.09
PROMEDIO																				11.02	253.12	264.40	218.13	20.56

E: Ruptura por Estructura, M: Ruptura por Matriz, C: Ruptura Combinada. ⊥: Ruptura Perpendicular, =: Ruptura Paralela, <: Angulo de Ruptura

Fórmulas:

$$\Rightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{A(W \times D) / \sigma'} \\ \Rightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{4(W \times D') / \sigma'}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

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

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

$$UCS(1) = [1.4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}]$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = 10.61 \times \sigma_t$$

(Hoek y Brown-1980)

(Broch y Franklin-1972)

(SPPC - 2015)

Kahraman et al. (2012)

Leyenda:

K : Constante de correlación.
P : Fuerza aplicada sobre la muestra.
D : Espesor de la muestra.
D' : Espesor de la muestra despues de la ruptura (Post Falla).

W1 y W2 : Ancho de la muestra.
L : Distancia aplicada de carga
W : (Ancho superior + inferior)/2
L' : Largo de la muestra

Is(50) : Índice de carga puntual normalizado.
UCS : Resistencia a la Compresión Simple.
σt : Resistencia a la Tracción.

B / M : Ruptura Buena o Mala
V / F : Ensayo Valido o Invalido

ENSAYOS DE LABORATORIO

Nivel 3325

ENSAYO DE PLT - BLOQUES IRREGULARES

Fuente: SPCC
Celda: 3325 N_5_1

Muestra (Nº)	Litología	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. (mm)	Ancho Inf. (mm)	Largo L' (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.ónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Angulo de ruptura			D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	σt (MPa)			
									E	M	C	⊥	=	<											
1	Bx	51.00	77.99	96.68	111.14	125.13	55.59	40.62		X		X			22.4	85.76	6.93	1.27	8.84	256.42	212.16	11.05			
2	Bx	16.00	81.86	91.75	84.99	129.45	52.61	52.61			X	X			29.3	76.94	2.70	1.21	3.28	90.12	78.75	4.10			
3	Bx	12.00	62.55	87.89	90.65	102.44	51.01	51.01			X		X		11.5	76.14	2.07	1.21	2.50	68.34	60.03	3.13			
4	Bx	32.00	78.94	79.41	77.62	182.00	67.42	67.90		X			X		11.5	82.1	4.75	1.25	5.93	168.35	142.43	7.42			
5	Bx	35.50	68.10	89.27	99.10	144.43	59.55	59.55		X		X			8.6	84.51	4.97	1.27	6.29	181.22	151.08	7.87			
6	Bx	17.00	67.24	81.37	81.84	134.65	59.79	58.74		X		X			7.5	78.82	2.74	1.23	3.36	93.34	80.60	4.20			
PROMEDIO																			5.03	142.97	120.84	6.29			
DESV. ST																			2.42	71.84	57.98	3.02			

E: Ruptura por estructura, M: Ruptura por matriz, C: Ruptura combinada. ⊥: Ruptura perpendicular, =: Ruptura paralela, <: Indicar ángulo de ruptura

Fórmulas:

$$\Leftrightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Leftrightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

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

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

$$UCS(1) = [14 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}] \quad (\text{Hoek y Brown-1980})$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)} \quad (\text{Broch y Franklin-1972})$$

Leyenda:

PLT : Índice Carga Puntual
D : Diámetro testigo pre falla.
D' : Diámetro testigo post falla.
De : Diámetro equivalente.
Is : Índice de carga puntual no corregido.
P : Fuerza sometida a la muestra.

W : Altura de la muestra.
F : Factor de corrección.
Is(50) : Índice de carga puntual corregido.
UCS : Resistencia a la Compresión Simple.
σt : Resistencia a la Tracción (Roca Intacta).

ENSAYO DE PLT - BLOQUE IRREGULAR

Fuente: SPCC
Celda: 3325 N_5_2

Muestra (Nº)	Litología	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. (mm)	Ancho Inf. (mm)	Largo L' (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.ónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Angulo de ruptura			D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	σt (MPa)	
									E	M	C	⊥	=	<									
1	Bx	25.00	44.26	77.64	84.37	118.40	38.55	27.03		X		X			5.7	63.06	6.29	1.11	6.98	174.72	167.49	8.72	
2	Bx	20.00	45.86	46.92	75.56	105.50	37.14	24.35		X		X		8.7	53.81	6.91	1.03	7.14	167.18	171.34	8.92		
3	Bx	32.00	49.30	75.56	75.75	139.73	42.44	30.22		X		X		6.9	63.94	7.83	1.12	8.74	220.23	209.83	10.93		
4	Bx	34.00	42.31	79.95	82.33	113.89	38.82	38.82		X		X		3.5	63.33	8.48	1.11	9.43	236.50	226.29	11.79		
5	Bx	22.00	74.06	90.83	76.22	118.99	55.37	55.37		X		X		18.7	76.74	3.74	1.21	4.53	124.26	108.72	5.66		
6	Bx	46.00	76.21	89.91	91.66	153.31	56.43	56.43		X		X		19.8	80.76	7.05	1.24	8.75	246.20	210.03	10.94		
																			PROMEDIO	7.60	194.85	182.28	9.49
																			DESV. ST	1.79	47.26	42.93	2.24

E: Ruptura por estructura, M: Ruptura por matriz, C: Ruptura combinada. ⊥: Ruptura perpendicular, =: Ruptura paralela, <: Indicar ángulo de ruptura

Fórmulas:

$$\Leftrightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Leftrightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

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

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

$$UCS(1) = [14 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}] \quad (\text{Hoek y Brown-1980})$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)} \quad (\text{Broch y Franklin-1972})$$

Leyenda:

PLT : Índice Carga Puntual
D : Diámetro testigo pre falla.
D' : Diámetro testigo post falla.
De : Diámetro equivalente.
Is : Índice de carga puntual no corregido.
P : Fuerza sometida a la muestra.

W : Altura de la muestra.
F : Factor de corrección.
Is(50) : Índice de carga puntual corregido.
UCS : Resistencia a la Compresión Simple.
σt : Resistencia a la Tracción (Roca Intacta).

ENSAYO DE PLT - BLOQUES IRREGULARES

 Fuente: SPCC
 Celda: 3325 N_5_3

Muestra (N°)	Litología	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. (mm)	Ancho Inf. (mm)	Largo L' (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.ónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Angulo de ruptura			D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	σt (MPa)	
									E	M	C	⊥	=	<									
1	Da	13.00	49.21	71.97	76.50	95.98	46.52	37.05		X		X			2.7	66.31	2.96	1.14	3.36	85.96	80.57	4.20	
2	Da	15.00	47.60	66.89	63.59	129.49	40.60	40.60		X		X			7.0	58.07	4.45	1.07	4.76	114.97	114.19	5.95	
4	Da	33.00	55.78	109.20	104.40	132.00	45.77	47.09		X		X			10.0	78.89	5.30	1.23	6.51	181.02	156.24	8.14	
5	Da	40.00	69.40	73.94	69.04	154.00	56.45	60.46		X		X			13.0	71.68	7.79	1.18	9.15	243.01	219.72	11.44	
6	Da	15.00	70.09	78.74	96.50	157.00	56.57	57.29		X		X			13.5	79.44	2.38	1.23	2.93	81.68	70.26	3.66	
																			PROMEDIO	5.34	141.33	128.20	6.68
																			DESV. ST	2.55	69.34	61.20	3.19

E: Ruptura por estructura, M: Ruptura por matriz, C: Ruptura combinada. ⊥: Ruptura perpendicular, =: Ruptura paralela, <: Indicar ángulo de ruptura

Fórmulas:

$$\Leftrightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Leftrightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

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

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

$$UCS(1) = [14 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}] \quad (\text{Hoek y Brown-1980})$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)} \quad (\text{Broch y Franklin-1972})$$

Leyenda:

 PLT : Índice Carga Puntual
 D : Diámetro testigo pre falla.
 D' : Diámetro testigo post falla.
 De : Diámetro equivalente.
 Is : Índice de carga puntual no corregido.
 P : Fuerza sometida a la muestra.

 W : Altura de la muestra.
 F : Factor de corrección.
 Is(50) : Índice de carga puntual corregido.
 UCS : Resistencia a la Compresión Simple.
 σt : Resistencia a la Tracción (Roca Intacta).

Fuente: SPPC
Celda: 3325_N_5_4

Muestra (Nº)	Litología	Factor K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic. carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P. cónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Angulo de ruptura			Calidad Ruptura (M/B)	D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Validación Ensayo (F/V)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	ot (Mpa)		
												E	M	C	⊥	=	<													
1	Px	17.40	11.82	44.25	81.89	97.33	89.61	128.02	71.62	43.35	43.35	81.89	X			X			B	0.9	71.05	2.34	1.17	V	2.74	72.50	65.82	47.72	3.43	
2	Px	17.40	9.15	43.13	79.46	71.74	75.60	141.23	69.36	41.18	41.18	71.74	X			X		B	2.0	64.43	2.20	1.12	V	2.47	62.44	59.29	42.99	3.09		
3	Px	17.40	11.12	40.32	96.84	99.72	98.28	113.67	61.44	37.98	37.98	99.72	X			X		B	2.3	68.94	2.34	1.16	V	2.70	70.47	64.89	47.04	3.38		
4	Px	17.40	21.29	43.05	72.27	63.02	67.65	112.34	64.37	41.36	41.36	63.02	X			X		B	1.7	60.89	5.74	1.09	F	6.27	154.71	150.59	109.18	7.84		
5	Px	17.40	15.61	38.19	91.39	70.33	80.86	116.15	64.01	35.89	35.89	70.33	X			X		B	2.3	60.79	4.22	1.09	V	4.61	113.64	110.70	80.26	5.77		
6	Px	17.40	6.99	35.98	94.96	95.2	95.08	128.94	58.63	34.9	34.9	95.2	X			X		B	1.1	66	1.60	1.13	V	1.82	46.46	43.64	31.64	2.27		
7	Px	17.40	16.19	34.25	98.22	78.6	88.41	136.11	66.8	33.1	33.1	78.6	X			X		B	1.2	62.09	4.20	1.10	V	4.63	115.11	111.11	80.55	5.79		
8	Px	17.40	9.34	29.39	84.84	99.4	92.12	124.67	54.2	27.72	27.72	99.4	X			X		B	1.7	57.02	2.87	1.06	V	3.05	73.08	73.14	53.03	3.81		
																									PROMEDIO	3.15	79.10	75.51	54.75	3.93

E: Ruptura por estructura, M: Ruptura por matriz, C: Ruptura combinada. ⊥: Ruptura perpendicular, =: Ruptura paralela, <: Indicar ángulo de ruptura

Fórmulas:

$$\Leftrightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Leftrightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D) / \pi^2}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad I_{s(50)} = F \times I_s$$

$$UCS(1) = [1.4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}]$$

$$UCS(2) = 2.4 \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)}$$

(Hoek y Brown-1980)

(Broch y Franklin-1972)

(SPPC - 2015)

Leyenda:

D : Diámetro testigo pre falla.
D' : Diámetro testigo post falla.
De : Diámetro equivalente.
Is : Índice de carga puntual no corregido.
P : Fuerza sometida a la muestra.

K : Constante de correlación.
F : Factor de corrección diámetro de testigo.
Is(50) : Índice de carga puntual normalizado.
UCS : Uniaxial Compression Strength.

W : Altura de la muestra.
F : Factor de corrección.
Is(50) : Índice de carga puntual corregido.
UCS : Resistencia a la Compresión Simple.

ot : Resistencia a la Tracción (Roca Intacta).
L' : Longitud.
L : Distancia aplicada de carga.
W1 y W2 : (Ancho superior + inferior)/2

Fuente: SPPC
Celda: 3325_N_5_5

Muestra (Nº)	Litología	Factor K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic. carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P. cónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Angulo de ruptura			Calidad Ruptura (M/B)	D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Validación Ensayo (F/V)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	ot (MPa)		
												E	M	C	⊥	=	<													
1	Bxs	21.30	20.74	42.05	94.1	94.78	94.44	153.25	78.68	39.85	39.85	X	X					B	2.2	69.22	4.33	1.16	F	5.01	130.85	120.26	106.73	6.26		
2	Bxs	21.30	44.19	42.21	93.41	87.66	90.54	108.21	52.23	45.85	45.85	X		X			B	-3.6	69.75	9.08	1.16	F	10.55	276.50	253.22	224.74	13.19			
3	Bxs	21.30	25.95	39.16	90.8	95.8	93.30	124.7	64	38.3	38.3	X		X			B	0.9	68.21	5.58	1.15	V	6.41	166.36	153.94	136.62	8.02			
4	Bxs	21.30	6.06	38.57	68.02	69.6	68.81	143.77	70.79	36.08	36.08		X	X			B	2.5	56.22	1.92	1.05	F	2.02	48.18	48.51	43.05	2.53			
5	Bxs	21.30	38.90	41	90.57	88.36	89.47	118.29	63.57	40.61	40.61		X	X			B	0.4	68.34	8.33	1.15	V	9.59	248.86	230.08	204.20	11.98			
6	Bxs	21.30	31.96	39.98	75.62	84.27	79.95	145.67	65.15	37.01	37.01	X		X			B	3.0	61.38	8.48	1.10	V	9.30	230.17	223.27	198.16	11.63			
7	Bxs	21.30	38.02	44.71	94.97	90.93	92.95	108.7	50.26	43.86	43.86		X	X			B	0.9	72.74	7.19	1.18	V	8.51	227.36	204.14	181.18	10.63			
8	Bxs	21.30	20.52	25.09	74.83	81.39	78.11	120.21	61.89	24.56	24.56		X	X			B	0.5	49.95	8.22	1.00	V	8.22	186.95	197.30	175.10	10.28			
																									PROMEDIO	8.41	211.94	201.75	179.05	10.51

E: Ruptura por estructura, M: Ruptura por matriz, C: Ruptura combinada. ⊥: Ruptura perpendicular, =: Ruptura paralela, <: Indicar ángulo de ruptura

Fórmulas:

$$\Leftrightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Leftrightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad I_{s(50)} = F \times I_s$$

$$UCS(1) = [1.4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}]$$

$$UCS(2) = 2.4 \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)}$$

(Hoek y Brown-1980)

(Broch y Franklin-1972)

(SPPC - 2015)

Leyenda:

D : Diámetro testigo pre falla.
D' : Diámetro testigo post falla.
De : Diámetro equivalente.
Is : Índice de carga puntual no corregido.
P : Fuerza sometida a la muestra.

K : Constante de correlación.
F : Factor de corrección diámetro de testigo.
Is(50) : Índice de carga puntual normalizado.
UCS : Uniaxial Compression Strength.

W : Altura de la muestra.
F : Factor de corrección.
Is(50) : Índice de carga puntual corregido.
UCS : Resistencia a la Compresión Simple.

ot : Resistencia a la Tracción (Roca Intacta).
L' : Longitud
L : Distancia aplicada de carga
W1 y W2 : (Ancho superior + inferior)/2

Fuente: SPCC
Celda: 3325 N 5 6

Muestra (Nº)	Litología	Factor K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Esp. Post Falla Muestra D' (mm)	Esp. Post Falla P.dificas D' (mm)	Tipo de ruptura			Angulo de ruptura			Calidad Ruptura (M/B)	D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Validación Ensayo (F/V)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	ct (MPa)	
												E	M	C	⊥	=	<												
1	Di-Prop	21.30	37.51	42.91	84.86	96.84	90.85	114.86	49.99	40.78	40.78		X			X			B	2.1	70.45	7.56	1.17	V	8.82	232.18	211.64	187.83	11.02
2	Di-Prop	21.30	30.69	40.89	86.5	97.05	91.78	98.54	46	39.02	39.02		X			X		B	1.9	69.12	6.42	1.16	V	7.43	193.93	178.36	158.29	9.29	
3	Di-Prop	21.30	27.20	40.77	82.3	87.97	85.14	144.97	80.21	40.71	40.71		X			X		B	0.1	66.48	6.15	1.14	V	7.00	179.34	167.91	149.02	8.75	
4	Di-Prop	21.30	38.74	40.93	87.41	86.61	87.01	115.68	71.63	38.89	38.89		X			X		B	2.0	67.34	8.54	1.14	V	9.77	251.86	234.43	208.06	12.21	
5	Di-Prop	21.30	36.90	38.57	65.46	70.55	68.00	121.57	62.35	36.39	36.39		X			X		B	2.2	56.15	11.71	1.05	V	12.34	293.92	256.11	262.80	15.42	
6	Di-Prop	21.30	34.19	33.73	92.82	96.56	94.69	117.62	60.25	30.78	30.78		X			X		B	3.0	60.92	9.21	1.09	V	10.07	248.31	241.66	214.47	12.59	
7	Di-Prop	21.30	29.52	38.78	80.14	79.25	79.70	98.28	48.68	30.23	30.23		X			X		B	8.6	55.38	9.63	1.05	V	10.08	238.77	241.88	214.67	12.60	
8	Di-Prop	21.30	22.34	27.9	85.09	89.42	87.26	110.87	56.59	27.01	27.01		X			X		B	0.9	55.67	7.21	1.05	V	7.57	179.62	181.57	161.14	9.46	
PROMEDIO																									9.13	227.24	219.19	194.53	11.42

E: Ruptura por estructura, M: Ruptura por matriz, C: Ruptura combinada. ⊥: Ruptura perpendicular, =: Ruptura paralela, <: Indicar ángulo de ruptura

Fórmulas:

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow D - D' < 5\% D &\Rightarrow D_e = \sqrt{A(W \times D) / \pi} \\ \Leftrightarrow D - D' \geq 5\% D &\Rightarrow D_e = \sqrt{A(W \times D') / \pi} \end{aligned}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad I_{s(50)} = F \times I_s$$

$$UCS(1) = [1.4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}]$$

(Hoek y Brown-1980)

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)}$$

(Broch y Franklin-1972)

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)}$$

(SPPC - 2015)

Legenda:

D : Diámetro testigo pre falla.
D' : Diámetro testigo post falla.
D_e : Diámetro equivalente.
I_s : Índice de carga puntual no corregido.
P : Fuerza sometida a la muestra.

K : Constante de correlación.
F : Factor de corrección diámetro de testigo.
I_{s(50)} : Índice de carga puntual normalizado.
UCS : Uniaxial Compression Strength.

W : Altura de la muestra.
F : Factor de corrección.
I_{s(50)} : Índice de carga puntual corregido.
UCS : Resistencia a la Compresión Simple.

ct : Resistencia a la Tracción (Roca Intacta).
L' : Longitud.
L : Distancia aplicada de carga.
W1 y W2 : (Ancho superior + inferior)/2

Fuente: SPPC
Celda: 3325_NO_5_11

Muestra (Nº)	Litología	Factor K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P. cónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Angulo de ruptura			Calidad Ruptura (M/B)	D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Validación Ensayo (F/V)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	σt (MPa)	
												E	M	C	⊥	=	<												
1	Di-Prop	19.80	17.48	35.42	85.05	78.59	81.82	118.91	65.62	33.97	33.97	X			X		M	=	B	1.5	60.74	4.74	1.09	V	5.17	127.37	124.12	102.40	6.46
2	Di-Prop	19.80	38.70	39.95	84.72	95.38	90.05	119.35	56.02	39.17	39.17	X			X		M	=	B	0.8	67.68	8.45	1.15	F	9.68	250.22	232.37	191.70	12.10
3	Di-Prop	19.80	18.22	39.99	62.51	55.93	59.22	140.18	67.22	37.21	37.21	X			X		M	=	B	2.8	52.97	6.49	1.03	V	6.66	155.08	159.95	131.96	8.33
4	Di-Prop	19.80	14.84	35.49	66.39	65.23	65.81	122.77	62.23	34.35	34.35		X		X		C	=	B	1.1	54.53	4.99	1.04	V	5.19	122.17	124.54	102.75	6.49
5	Di-Prop	19.80	23.95	32.55	99.94	98.53	99.04	125.55	60.75	32.02	32.02	X			X		M	=	B	0.5	64.07	5.65	1.12	V	6.52	164.46	155.55	129.16	8.15
6	Di-Prop	19.80	36.58	29.32	98.48	94.69	96.59	117.71	64.14	27.3	27.3	X			X		M	=	B	2.0	57.94	10.90	1.07	F	11.64	281.07	279.45	230.55	14.55
7	Di-Prop	19.80	16.41	27.95	64.44	64.08	64.26	143.21	76.47	25.93	25.93	X			X		M	=	B	2.0	46.06	7.74	0.96	V	7.45	164.45	178.91	147.60	9.32
8	Di-Prop	19.80	10.57	30.86	50.23	48.09	49.16	117.58	49	28.35	28.35		X		X		C	=	B	2.5	42.12	5.96	0.93	V	5.52	117.87	132.37	109.21	6.89
PROMEDIO																													
6.09 141.90 146.07 120.51 7.61																													

E: Ruptura por estructura, M: Ruptura por matriz, C: Ruptura combinada. ⊥: Ruptura perpendicular, =: Ruptura paralela, <: Indicar ángulo de ruptura

Fórmulas:

$$\Rightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Rightarrow D - D' > 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad I_{s(50)} = F \times I_s$$

$$UCS(1) = [4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}] \quad (\text{Hoek y Brown-1980})$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)} \quad (\text{Broch y Franklin-1972})$$

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)} \quad (\text{SPPC - 2015})$$

Leyenda:

- | | | | |
|--|---|---|--|
| D : Diámetro testigo pre falla. | K : Constante de correlación. | W : Altura de la muestra. | σt : Resistencia a la Tracción (Roca Intacta). |
| D' : Diámetro testigo post falla. | F : Factor de corrección diámetro de testigo. | F : Factor de corrección. | L' : Longitud |
| D _e : Diámetro equivalente. | I _{s(50)} : Índice de carga puntual normalizado. | I _{s(50)} : Índice de carga puntual corregido. | L : Distancia aplicada de carga |
| I _s : Índice de carga puntual no corregido. | UCS : Uniaxial Compression Strength. | UCS : Resistencia a la Compresión Simple. | W1 y W2 : (Ancho superior + inferior)/2 |
| P : Fuerza sometida a la muestra. | | | |

Fuente: SPCC
Celda: 3325_NO_5_12

Muestra (Nº)	Litología	Factor K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P. cónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Angulo de ruptura			Calidad Ruptura (M/B)	D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Validación Ensayo (F/V)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	σt (MPa)	
												E	M	C	⊥	=	<												
1	Di-Prop	19.80	23.00	45.49	90.46	74.2	82.38	103.24	50.91	43.81	43.81	X			X		M	=	B	1.7	69.08	4.82	1.16	F	5.57	145.43	133.78	110.37	6.97
2	Di-Prop	19.80	46.52	47.61	86.6	83.69	85.15	111.18	62.04	46.87	46.87	X			X		M	=	B	0.7	71.84	9.01	1.18	V	10.61	281.94	254.65	210.09	13.26
3	Di-Prop	19.80	31.38	39.87	78.48	72.98	75.73	128.86	71.27	35.41	35.41	X			X		M	=	B	4.5	58.43	9.19	1.07	V	9.86	238.84	236.61	195.21	12.32
4	Di-Prop	19.80	40.33	38.2	93.16	92.28	92.72	118.75	53.63	34.62	34.62	X			X		M	=	B	3.6	63.93	9.87	1.12	V	11.02	277.61	264.52	218.23	13.78
5	Di-Prop	19.80	28.57	36.81	77.33	79.79	78.55	119.14	53.32	31.36	31.36	X			X		M	=	B	5.5	96	9.11	1.05	V	9.59	228.17	230.09	199.02	11.98
6	Di-Prop	19.80	33.28	38.36	82.64	68.45	75.55	148.20	70.99	36.94	36.94	X			X		M	=	B	1.4	60.74	9.02	1.09	V	9.85	242.50	236.30	194.95	12.31
7	Di-Prop	19.80	20.43	36.21	56.06	51.11	53.59	132.52	71.88	33.71	33.71	X			X		M	=	B	2.5	47.96	8.88	0.98	V	8.72	195.20	209.21	172.60	10.90
8	Di-Prop	19.80	27.34	35.42	97.17	99.92	98.55	127.85	58.33	31.84	31.84	X			X		E	=	M	3.6	63.21	6.84	1.11	V	7.60	190.57	182.50	150.56	9.51
PROMEDIO																									9.61	236.40	230.56	190.21	12.01

E: Ruptura por estructura, M: Ruptura por matriz, C: Ruptura combinada. ⊥: Ruptura perpendicular, =: Ruptura paralela, <: Indicar ángulo de ruptura

Fórmulas:

$$\Rightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Rightarrow D - D' > 5\% D \Rightarrow D_e = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

$$F = \left(\frac{D_e}{50} \right)^{0.45} \quad I_{s(50)} = F \times I_s$$

$$UCS(1) = [1.4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}]$$

$$UCS(2) = 2.4 \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)}$$

(Hoek y Brown-1980)

(Broch y Franklin-1972)

(SPCC - 2015)

Leyenda:

- | | | | |
|--|---|---|--|
| D : Diámetro testigo pre falla. | K : Constante de correlación. | W : Altura de la muestra. | σt : Resistencia a la Tracción (Roca Intacta). |
| D' : Diámetro testigo post falla. | F : Factor de corrección diámetro de testigo. | F : Factor de corrección. | L' : Longitud |
| D _e : Diámetro equivalente. | I _{s(50)} : Índice de carga puntual normalizado. | I _{s(50)} : Índice de carga puntual corregido. | L : Distancia aplicada de carga |
| I _s : Índice de carga puntual no corregido. | UCS : Uniaxial Compression Strength. | UCS : Resistencia a la Compresión Simple. | W1 y W2 : (Ancho superior + inferior) / 2 |
| P : Fuerza sometida a la muestra. | | | |

Fuente: SPCC
Celda: 3325_NO_5_13

Muestra (Nº)	Litología	Constante correlación K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.cónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Forma de ruptura			Calidad Ruptura (B/M)	Validación Ensayo (V/F)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	σt (MPa)
												E	M	C	⊥	=	<							
1	Di-Prop	19.80	29.14	43.23	90.37	91.58	90.98	137.67	75.64	43.01	43.01		x			x		B	V	6.80	179.52	163.30	134.72	12.70
2	Di-Prop	19.80	19.37	40.17	70.90	81.61	76.26	147.67	80.01	39.15	39.15		x			x		B	V	5.49	136.84	131.74	108.69	10.24
3	Di-Prop	19.80	15.23	35.19	81.64	99.82	90.73	121.84	61.24	34.81	34.81		x			x		B	V	4.18	105.15	100.31	82.75	7.80
4	Di-Prop	19.80	23.35	33.38	83.51	75.55	79.53	108.87	53.02	32.87	32.87		x			x		B	V	7.39	178.72	177.43	146.38	13.80
5	Di-Prop	19.80	23.65	32.01	68.66	64.58	66.62	134.16	70.24	31.74	31.74		x			x		B	F	8.87	205.14	212.95	175.68	16.56
6	Di-Prop	19.80	13.23	31.48	74.99	82.95	78.97	95.08	54.51	29.61	29.61			x		x		B	V	4.62	108.85	110.94	91.52	8.63
7	Di-Prop	19.80	15.40	29.01	94.78	92.59	93.69	102.85	54.86	23.71	23.71		x			x		B	V	5.60	130.48	134.36	110.85	10.45
8	Di-Prop	19.80	14.10	31.28	81.30	86.23	83.77	101.94	55.16	30.46	30.46		x			x		B	V	4.51	108.72	108.24	89.29	8.42
PROMEDIO																				5.51	135.47	132.33	109.17	10.29

E: Ruptura por Estructura, M: Ruptura por Matriz, C: Ruptura Combinada. ⊥: Ruptura Perpendicular, =: Ruptura Paralela, <: Angulo de Ruptura

Fórmulas:

$$\Rightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{4(W \times D) / \pi'}$$

$$\Rightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{4(W \times D') / \pi'}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

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

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

$$UCS(1) = [1.4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}]$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = 10.61 \times \sigma_t$$

(Hoek y Brown-1980)

(Broch y Franklin-1972)

(SPPC - 2015)

Kahraman et al. (2012)

Leyenda:

K : Constante de correlacion.
P : Fuerza aplicada sobre la muestra.
D : Espesor de la muestra.
D' : Espesor de la muestra despues de la ruptura (Post Falla).

W1 y W2 : Ancho de la muestra.
L : Distancia aplicada de carga
W : (Ancho superior + inferior)/2
L' : Largo de la muestra

Is(50) : Índice de carga puntual normalizado.
UCS : Resistencia a la Compresión Simple.
σt : Resistencia a la Tracción.

B / M : Ruptura Buena o Mala
V / F : Ensayo Valido o Invalido

Fuente: SPCC
Celda: 3325_NO_5_14

Muestra (Nº)	Litología	Constante correlación K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.cónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Forma de ruptura			Calidad Ruptura (B/M)	Validación Ensayo (V/F)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	σt (MPa)
												E	M	C	⊥	=	<							
1	Di-Prop	19.80	18.34	49.05	82.92	95.96	89.44	100.73	49.63	47.99	47.99		X			X		B	V	3.93	106.54	94.42	77.90	7.34
2	Di-Prop	19.80	9.46	48.00	63.37	64.47	63.92	116.7	69.74	46	46.00			X		X		B	V	2.68	66.77	64.26	53.02	5.00
3	Di-Prop	19.80	11.53	36.04	65.06	63.97	64.52	137.9	64.67	32.12	32.12			X		X		B	V	4.42	101.68	106.15	87.57	8.25
4	Di-Prop	19.80	10.21	37.98	83.64	99.68	91.66	128.21	68.9	36.77	36.77			X		X		B	V	2.62	67.21	62.88	51.88	4.89
5	Di-Prop	19.80	7.70	44.36	86.75	96.09	91.42	116.37	55.03	40.61	40.61			X		X		B	F	1.88	48.94	45.12	37.23	3.51
6	Di-Prop	19.80	25.54	31.20	81.62	85.57	83.60	115.05	55.04	28.97	28.97		X			X		B	F	8.68	205.94	208.39	171.92	16.20
7	Di-Prop	19.80	11.96	34.51	87.16	83.99	85.58	99.86	50.24	32.27	32.27			X		X		B	V	3.67	89.53	88.14	72.72	6.85
8	Di-Prop	19.80	30.64	34.88	84.70	83.31	84.01	150	77	31.22	31.22		X			X		B	F	9.79	236.12	235.01	193.89	18.27
PROMEDIO																				3.47	86.34	83.17	68.62	6.47

E: Ruptura por Estructura, M: Ruptura por Matriz, C: Ruptura Combinada. ⊥: Ruptura Perpendicular, =: Ruptura Paralela, <: Angulo de Ruptura

Fórmulas:

$$\Rightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{4(W \times D) / \pi'}$$

$$\Rightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{4(W \times D') / \pi'}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

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

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

$$UCS(1) = [1.4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}]$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = 10.61 \times \sigma_t$$

(Hoek y Brown-1980)

(Broch y Franklin-1972)

(SPPC - 2015)

Kahraman et al. (2012)

Leyenda:

K : Constante de correlacion.
P : Fuerza aplicada sobre la muestra.
D : Espesor de la muestra.
D' : Espesor de la muestra despues de la ruptura (Post Falla).

W1 y W2 : Ancho de la muestra.
L : Distancia aplicada de carga
W : (Ancho superior + inferior)/2
L' : Largo de la muestra

Is(50) : Índice de carga puntual normalizado.
UCS : Resistencia a la Compresión Simple.
σt : Resistencia a la Tracción.

B / M : Ruptura Buena o Mala
V / F : Ensayo Valido o Invalido

Fuente: SPCC
Celda: 3325_NO_5_15

Muestra (Nº)	Litología	Constante correlación K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.cónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Forma de ruptura			Calidad Ruptura (B/M)	Validación Ensayo (V/F)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	σt (MPa)
												E	M	C	⊥	=	<							
1	Di-Prop	19.80	27.42	35.19	75.93	75.80	75.87	94.8	41.83	33.85	33.85		X			X		B	V	8.64	209.22	207.47	171.16	16.13
2	Di-Prop	19.80	23.62	34.85	94.49	96.03	95.26	106.21	51.19	32.47	32.47		X			X		B	V	6.64	165.95	159.42	131.52	12.40
3	Di-Prop	19.80	22.40	34.83	100.45	95.49	97.97	111.76	52.02	32.48	32.48		X			X		B	V	6.16	154.94	147.92	122.04	11.50
4	Di-Prop	19.80	38.58	40.40	80.66	81.31	80.99	106.31	55.17	37.48	37.48		X			X		B	F	11.01	273.92	264.23	217.99	20.55
5	Di-Prop	19.80	28.03	40.08	71.76	98.50	85.13	105.28	58.24	39.29	39.29		X			X		B	V	7.31	186.57	175.36	144.67	13.64
6	Di-Prop	19.80	17.40	35.98	94.96	77.70	86.33	150.71	80.96	33.38	33.38			X		X		B	F	5.17	127.19	124.09	102.37	9.65
7	Di-Prop	19.80	35.61	31.29	94.55	94.69	94.62	120.6	66.24	28.09	28.09		X			X		B	F	11.27	272.40	270.37	223.06	21.02
8	Di-Prop	19.80	26.98	36.61	100.32	97.32	98.82	143.83	75.17	33.94	33.94		X			X		B	V	7.13	181.27	171.04	141.10	13.30
PROMEDIO																				7.18	179.59	172.24	142.10	13.39

E: Ruptura por Estructura, M: Ruptura por Matriz, C: Ruptura Combinada. ⊥: Ruptura Perpendicular, =: Ruptura Paralela, <: Angulo de Ruptura

Fórmulas:

$$\Rightarrow D - D' < 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{4(W \times D) / \pi}$$

$$\Rightarrow D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_s = \sqrt{4(W \times D') / \pi}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D \cdot e^2} \right) \times 1000$$

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

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

$$UCS(1) = [1.4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}]$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)}$$

$$UCS(3) = 10.61 \times \sigma_t$$

(Hoek y Brown-1980)

(Broch y Franklin-1972)

(SPPC - 2015)

Kahraman et al. (2012)

Leyenda:

K : Constante de correlación.
P : Fuerza aplicada sobre la muestra.
D : Espesor de la muestra.
D' : Espesor de la muestra despues de la ruptura (Post Falla).

W1 y W2 : Ancho de la muestra.
L : Distancia aplicada de carga
W : (Ancho superior + inferior)/2
L' : Largo de la muestra

Is(50) : Índice de carga puntual normalizado.
UCS : Resistencia a la Compresión Simple.
σt : Resistencia a la Tracción.

B / M : Ruptura Buena o Mala
V / F : Ensayo Valido o Invalido

ENSAYO DE PLT - BLOQUES IRREGULARES

 Fuente: SPCC
 Celda : 3325_NO_5_16

Muestra (Nº)	Litología	Constante correlación K	Carga P (KN)	Espesor D (mm)	Ancho Sup. W1 (mm)	Ancho Inf. W2 (mm)	Prom. Ancho W (mm)	Largo L' (mm)	Dist. aplic.carga L (mm)	Espe. Post Falla Muestra D' (mm)	Espe. Post Falla P.cónicas D' (mm)	Tipo de ruptura			Forma de ruptura			Calidad Ruptura (B/M)	D - D' (mm)	De (mm)	Is (MPa)	F	Validación Ensayo (V/F)	Is(50) (Mpa)	UCS (1) (Mpa)	UCS (2) (Mpa)	UCS (3) (Mpa)	σt (MPa)	
												E	M	C	±	=	<												
1	Di-Prop	19.80	41.50	28.03	37.55	84.81	61.18	121.8	57.58	24.76	24.76		X			X			B	3.3	43.92	21.51	0.94	F	20.29	440.11	487.08	401.84	37.87
2	Di-Prop	19.80	4.80	44.20	83.62	82.43	83.03	104.43	53.65	43.21	43.21	X				X		M	1.0	68.36	1.03	1.15	F	1.18	30.70	28.38	23.41	2.21	
3	Di-Prop	19.80	21.37	43.86	68.28	82.47	75.38	101.7	45.05	42.13	42.13		X			X		B	1.7	64.88	5.08	1.12	V	5.71	144.72	137.00	113.02	10.65	
4	Di-Prop	19.80	43.87	42.35	71.22	73.45	72.34	112.47	55.42	39.5	39.50		X			X		B	2.9	60.32	12.06	1.09	F	13.12	322.16	314.87	259.77	24.48	
5	Di-Prop	19.80	28.34	38.48	54.67	64.74	59.71	99.94	48.24	37.52	37.52		X			X		B	1.0	54.09	9.69	1.04	V	10.04	235.49	240.85	198.70	18.73	
6	Di-Prop	19.80	9.01	31.76	67.95	58.97	63.46	119.24	54.97	31	31.00	X				X		M	0.8	50.66	3.51	1.01	F	3.53	80.75	84.76	69.92	6.59	
7	Di-Prop	19.80	21.37	28.58	100.72	101.01	100.87	117.44	52.13	27.55	27.55		X			X		B	1.0	60.58	5.82	1.09	V	6.35	156.18	152.36	125.70	11.85	
8	Di-Prop	19.80	23.91	26.00	84.21	74.25	79.23	117.3	56.49	23.95	23.95		X			X		B	2.1	49.15	9.90	0.99	V	9.82	221.98	235.72	194.47	18.33	
PROMEDIO																									7.98	189.59	191.48	157.97	14.89

E: Ruptura por Estructura, M: Ruptura por Matriz, C: Ruptura Combinada, ±: Ruptura Perpendicular, =: Ruptura Paralela, <: Angulo de Ruptura

Fórmulas:

$$\begin{aligned} \odot D - D' < 5\% D \Rightarrow D_e &= \sqrt{4(W \times D) / \pi} \\ \odot D - D' \geq 5\% D \Rightarrow D_e &= \sqrt{4(W \times D') / \pi} \end{aligned}$$

$$I_s = \left(\frac{P}{D_e^2} \right) \times 1000$$

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

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

$$UCS(1) = [1.4 + (0.175 \times D_e)] \times [I_{s(50)}] \quad (\text{Hoek y Brown-1980})$$

$$UCS(2) = 24 \times I_{s(50)} \quad (\text{Broch y Franklin-1972})$$

$$UCS(3) = K \times I_{s(50)} \quad (\text{SPCC - 2015})$$

$$UCS(3) = 10.61 \times \sigma_t \quad (\text{Kahraman et al. (2012)})$$

Legenda:

 K : Constante de correlación.
 P : Fuerza aplicada sobre la muestra.
 D : Espesor de la muestra.
 D' : Espesor de la muestra despues de la ruptura (Post Falla).

 W1 y W2 : Ancho de la muestra.
 L : Distancia aplicada de carga
 W : (Ancho superior + inferior)/2
 L' : Largo de la muestra

 Is (50) : Índice de carga puntual normalizado.
 UCS : Resistencia a la Compresión Simple.
 σt : Resistencia a la Tracción.

 B / M : Ruptura Buena o Mala
 V / F : Ensayo Valido o Invalido

ANEXOS 3 – ESTEREOGRAMAS

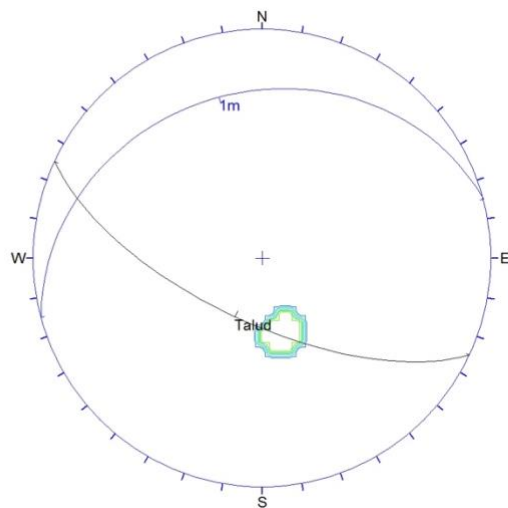
- Nivel 3265
- Nivel 3325

ESTEREOGRAMAS

NIVEL 3265

3265_N_4_20

➤ Falla

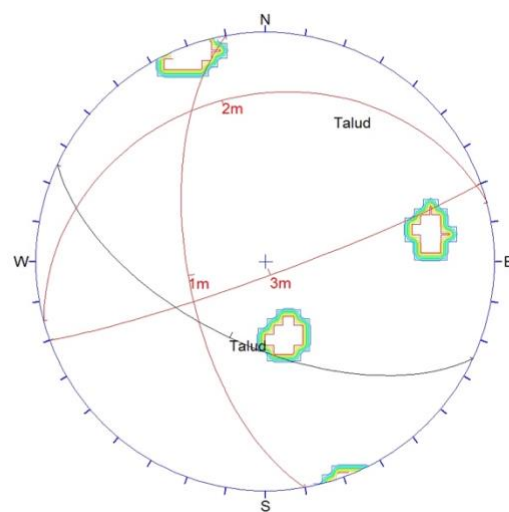


Orientations

ID	Dip / Direction
1	67 / 205
1 m	28 / 345

Equal Area
Lower Hemisphere
1 Poles
1 Entries

➤ Juntas



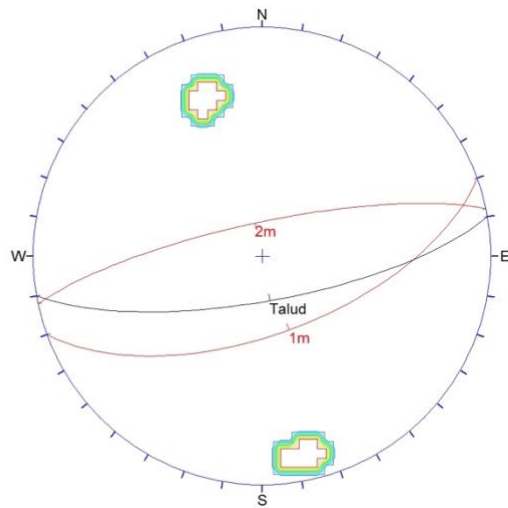
Orientations

ID	Dip / Direction
1	60 / 205
1 m	62 / 260
2 m	28 / 345
3 m	85 / 160

Equal Area
Lower Hemisphere
3 Poles
3 Entries

3265_N_4_21

➤ Falla

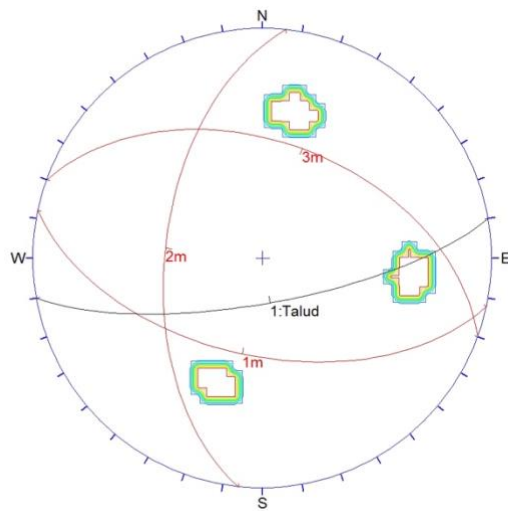


Orientations

ID	Dip / Direction
1	74 / 170
1 m	62 / 160
2 m	78 / 348

Equal Area
Lower Hemisphere
2 Poles
2 Entries

➤ Juntas



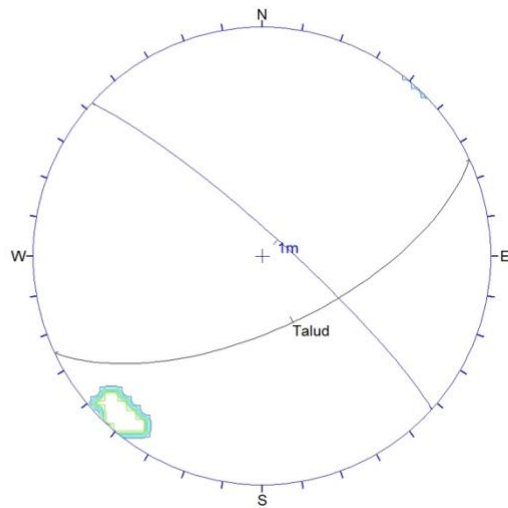
Orientations

ID	Dip / Direction
1	74 / 170
1 m	55 / 192
2 m	55 / 276
3 m	48 / 020

Equal Area
Lower Hemisphere
3 Poles
3 Entries

3265_N_4_22

➤ Falla

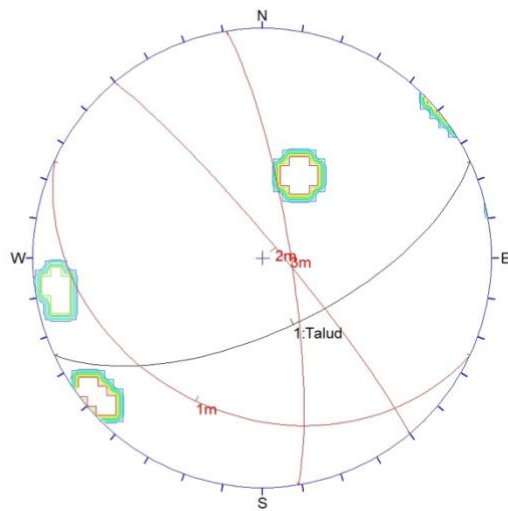


Orientations

ID	Dip / Direction
1	64 / 155
1 m	82 / 042

Equal Area
Lower Hemisphere
1 Poles
1 Entries

➤ Juntas



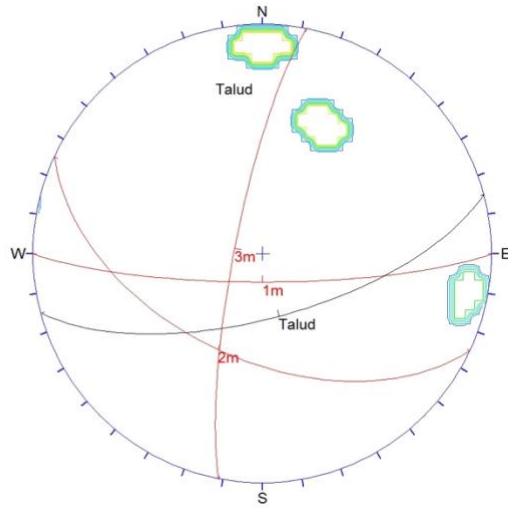
Orientations

ID	Dip / Direction
1	64 / 155
1 m	32 / 205
2 m	84 / 050
3 m	80 / 081

Equal Area
Lower Hemisphere
16 Poles
3 Entries

3265_N_4_23

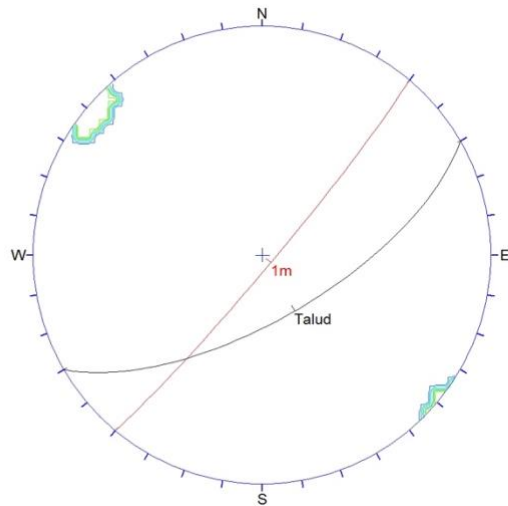
➤ Juntas



Orientations	
ID	Dip / Direction
1	67 / 165
1 m	80 / 180
2 m	52 / 205
3 m	80 / 281

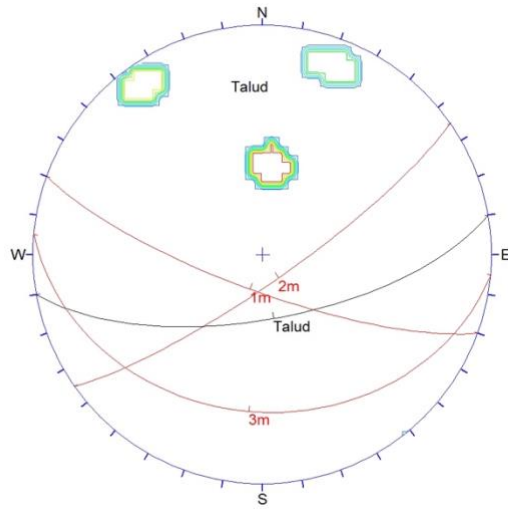
3265_N_4_24

➤ Falla



Orientations	
ID	Dip / Direction
1	67 / 150
1 m	86 / 130

➤ Juntas



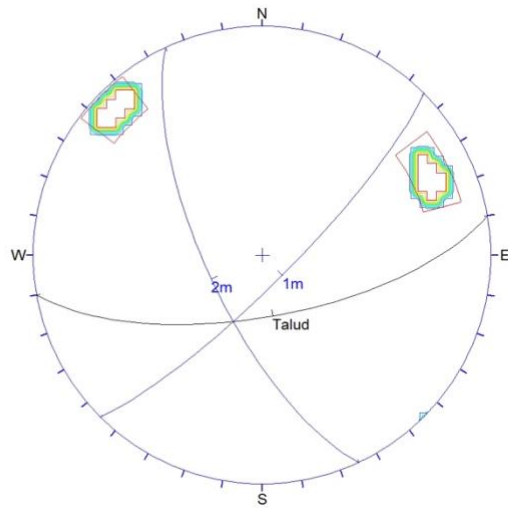
Orientations

ID	Dip / Direction
1	67 / 170
1 m	77 / 200
2 m	80 / 145
3 m	32 / 185

Equal Area
Lower Hemisphere
28 Poles
3 Entries

3265_N_4_25

➤ Falla

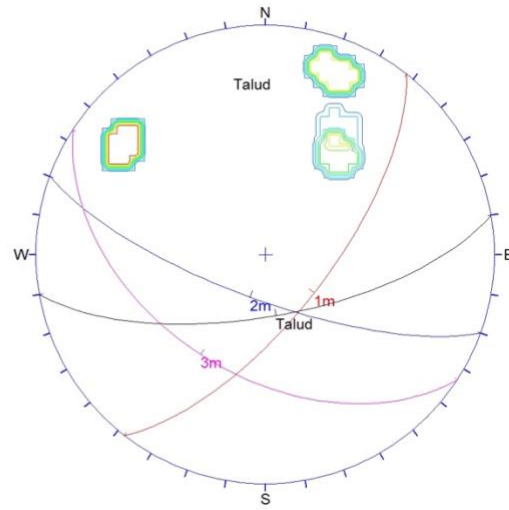


Orientations

ID	Dip / Direction
1	68 / 170
1 m	80 / 135
2 m	70 / 245

Equal Area
Lower Hemisphere
2 Poles
2 Entries

➤ Juntas

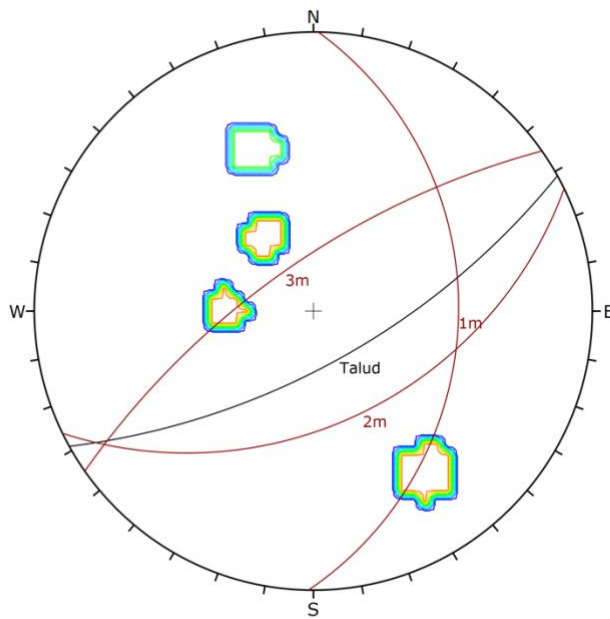


Orientations	
ID	Dip / Direction
1	68 / 170
1 m	68 / 128
2 m	74 / 200
3 m	47 / 213

Equal Area
Lower Hemisphere
96 Poles
4 Entries

3265_NO_5_1

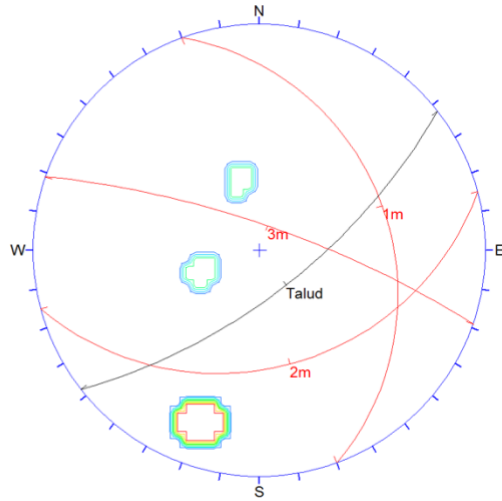
➤ Juntas



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	68	151	Talud
Mean Set Planes			
1m	35	91	
2m	46	154	
3m	70	325	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		11 (4 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

3265_NO_5_2

➤ Juntas

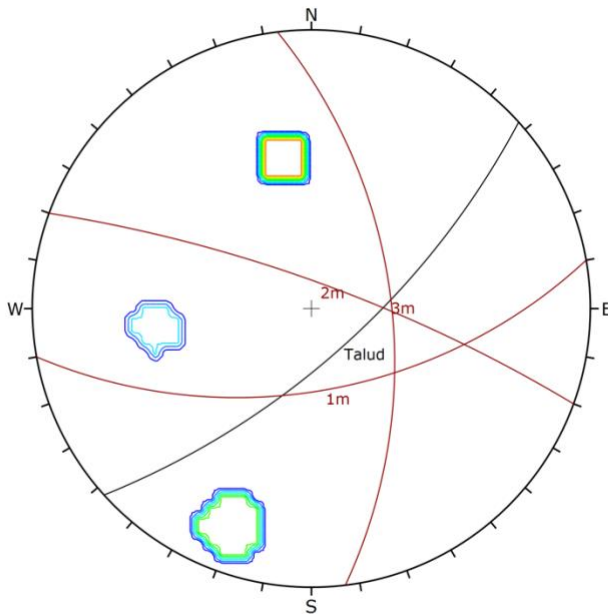


Orientations	
ID	Dip / Direction
1	68 / 142
1 m	30 / 070
2 m	35 / 165
3 m	77 / 019

Equal Angle
Lower Hemisphere
4 Poles
3 Entries

3265_NO_5_3

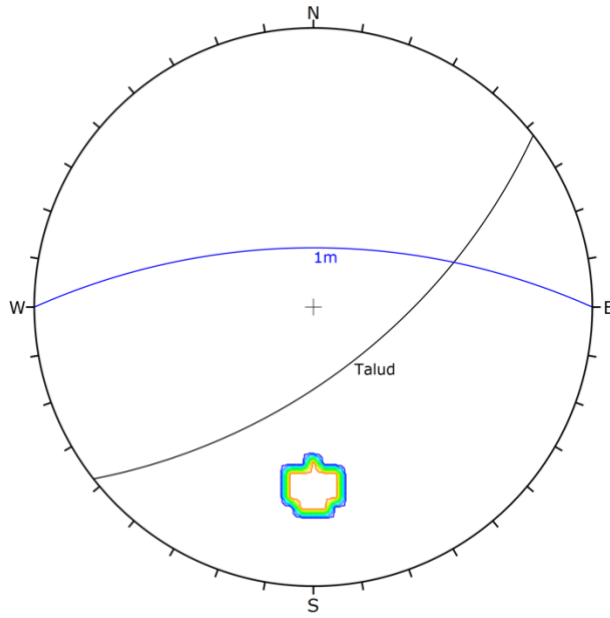
➤ Juntas



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	70	138	Talud
Mean Set Planes			
1m	57	170	
2m	79	20	
3m	58	83	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		6 (3 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

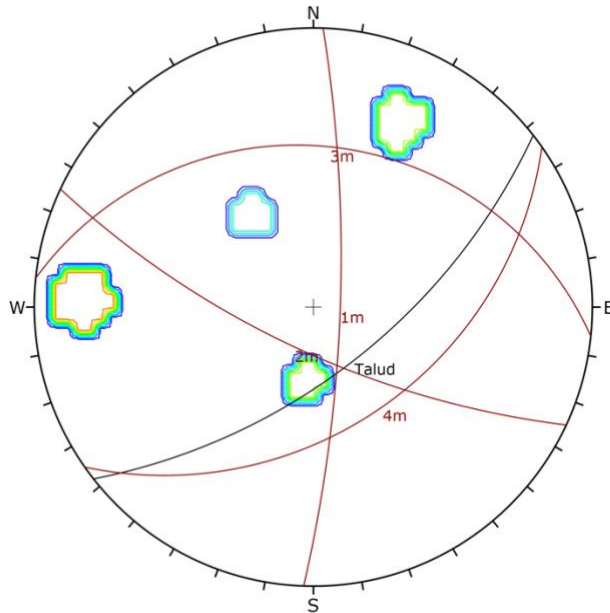
3265_NO_5_4

➤ Falla



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	63	142	Talud
Mean Set Planes			
1m	66	360	
Plot Mode Pole Vectors			
Vector Count 1 (1 Entries)			
Hemisphere Lower			
Projection Equal Angle			

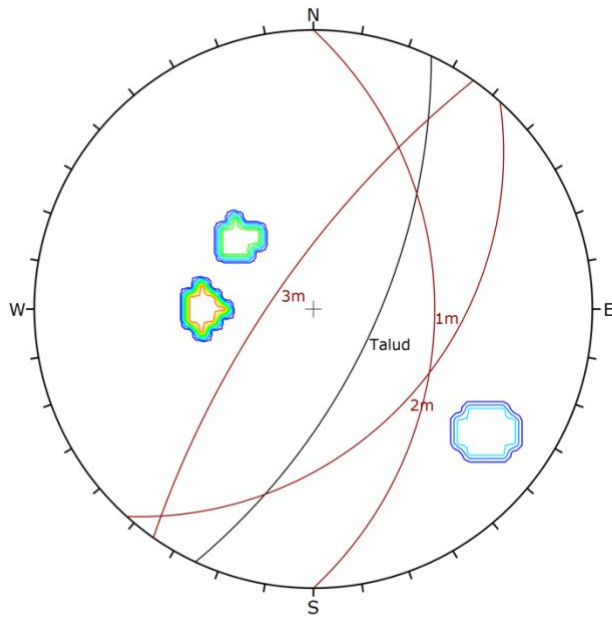
➤ Juntas



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	63	142	Talud
Mean Set Planes			
1m	79	92	
2m	72	205	
3m	30	6	
4m	43	145	
Plot Mode Pole Vectors			
Vector Count 12 (4 Entries)			
Hemisphere Lower			
Projection Equal Angle			

3265_NO_5_5

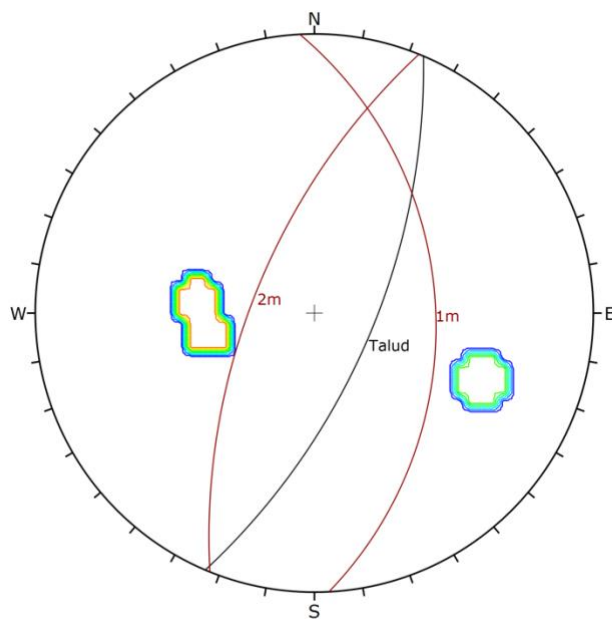
➤ Juntas



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	65	115	Talud
Mean Set Planes			
1m	43	90	
2m	40	132	
3m	74	305	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		6 (3 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

3265_NO_5_6

➤ Juntas

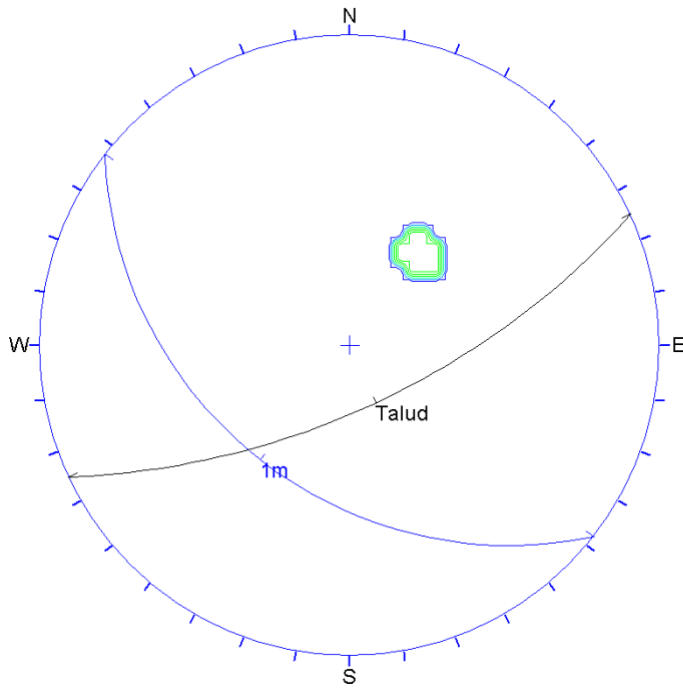


Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	66	113	Talud
Mean Set Planes			
1m	43	87	
2m	65	292	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		8 (3 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

NIVEL 3325

3325_N_5_1

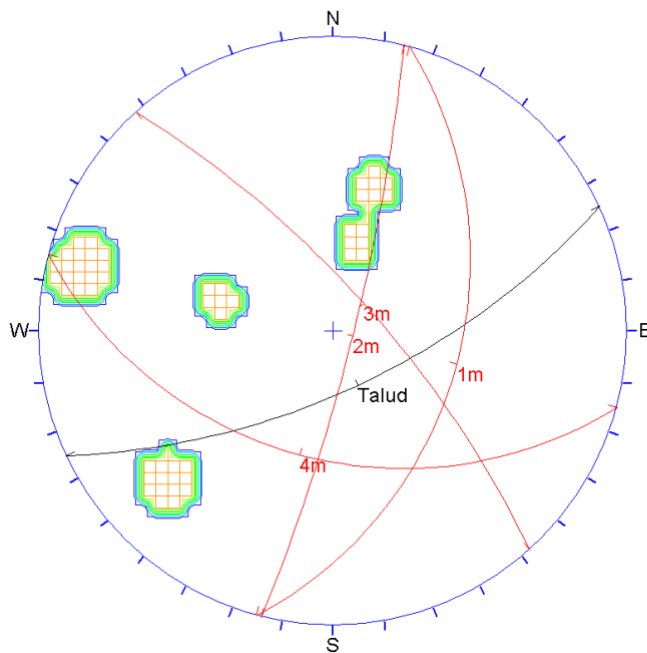
➤ Falla



Orientations	
ID	Dip / Direction
1	67 / 155
1 m	40 / 218

Equal Angle
Lower Hemisphere
1 Poles
1 Entries

➤ Juntas

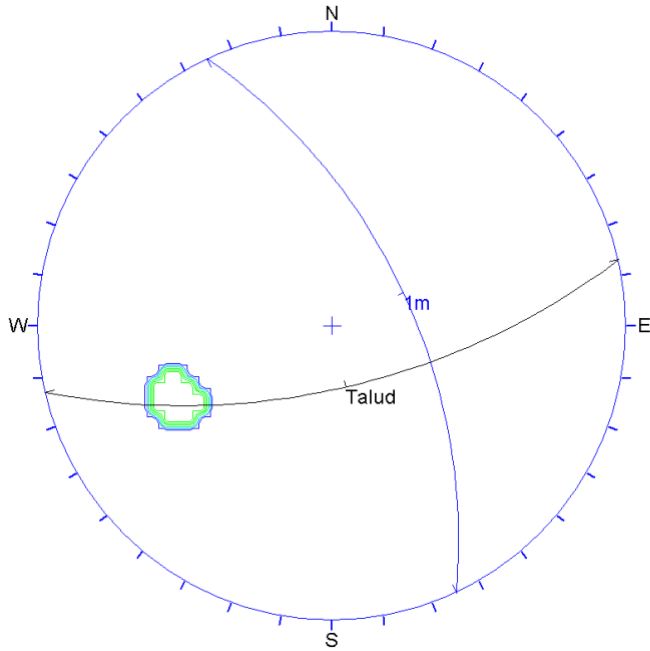


Orientations	
ID	Dip / Direction
1	67 / 155
1 m	43 / 105
2 m	82 / 104
3 m	74 / 048
4 m	43 / 195

Equal Angle
Lower Hemisphere
5 Poles
5 Entries

3325_N_5_2

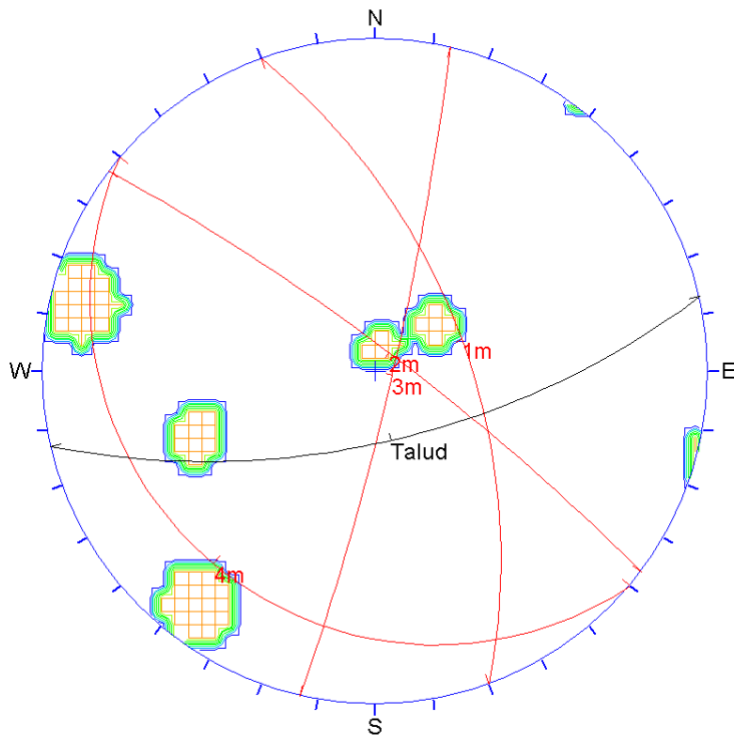
➤ Falla



Orientations	
ID	Dip / Direction
1	66 / 167
1 m	60 / 065

Equal Angle
Lower Hemisphere
1 Poles
1 Entries

➤ Juntas

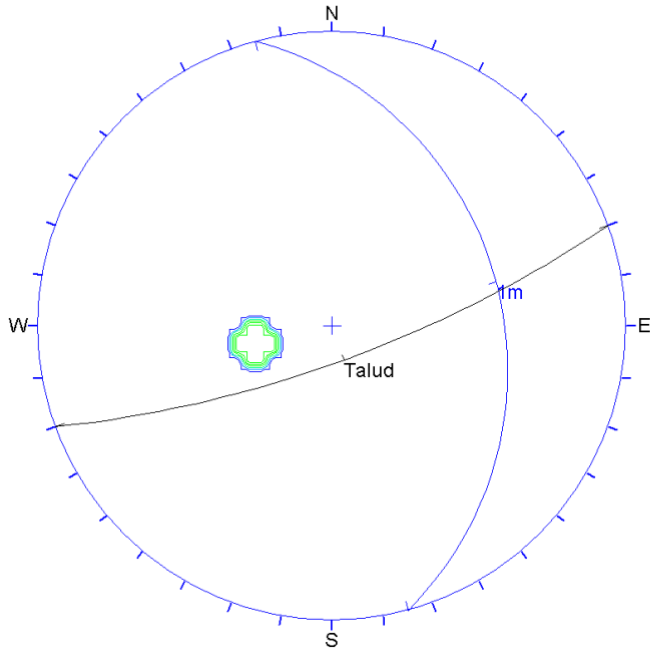


Orientations	
ID	Dip / Direction
1	66 / 167
1 m	59 / 070
2 m	82 / 037
3 m	84 / 103
4 m	16 / 220

Equal Angle
Lower Hemisphere
5 Poles
5 Entries

3325_N_5_3

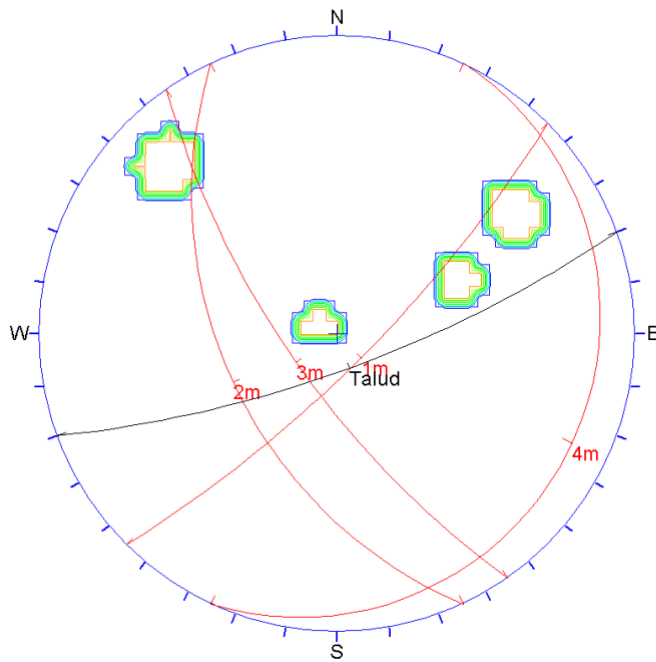
➤ Falla



Orientations	
ID	Dip / Direction
1	76 / 160
1 m	30 / 075

Equal Angle
Lower Hemisphere
1 Poles
1 Entries

➤ Juntas

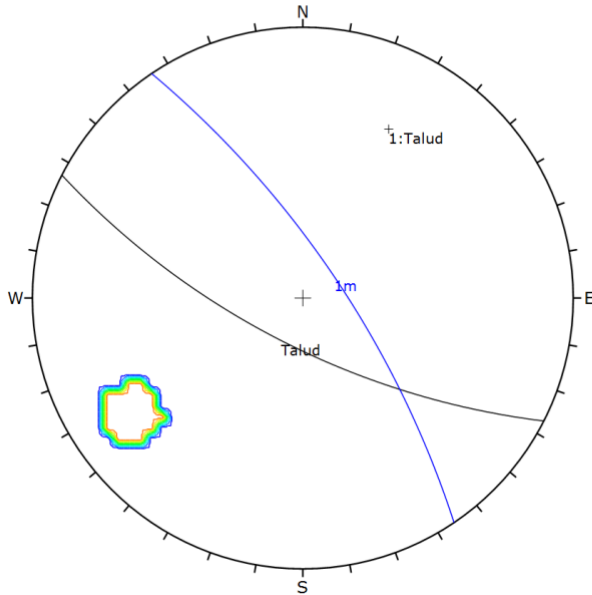


Orientations	
ID	Dip / Direction
1	76 / 160
1 m	77 / 135
2 m	48 / 245
3 m	71 / 235
4 m	08 / 115

Equal Angle
Lower Hemisphere
4 Poles
4 Entries

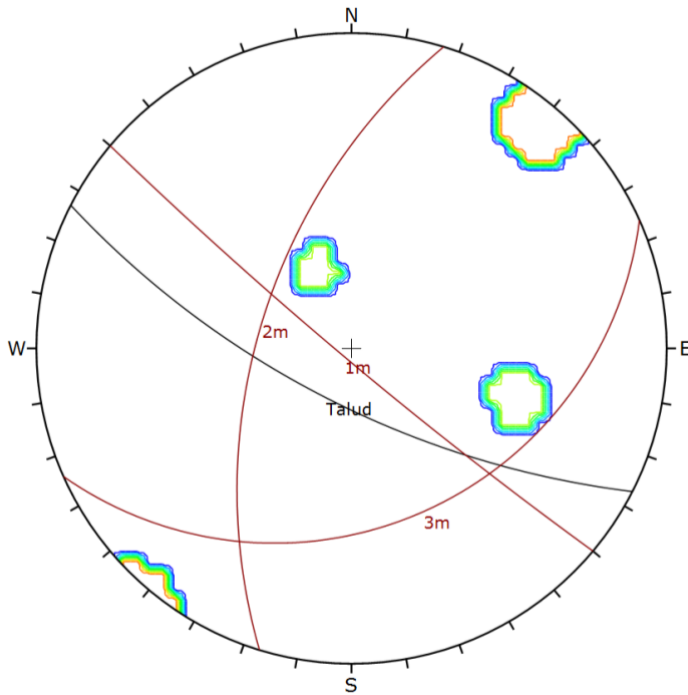
3325_N_5_4

➤ Falla



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	70	207	Talud
Mean Set Planes			
1m	74	56	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		1 (1 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

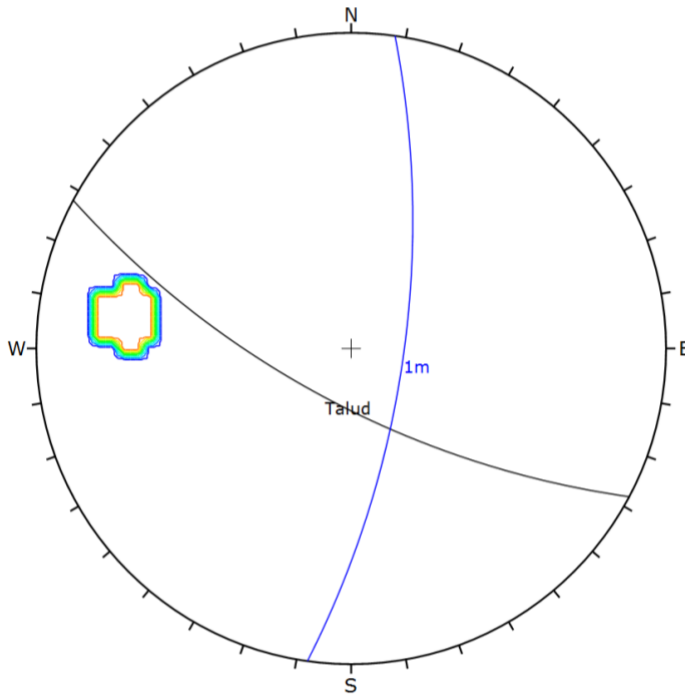
➤ Juntas



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	70	207	Talud
Mean Set Planes			
1m	86	220	
2m	57	287	
3m	31	156	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		10 (3 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

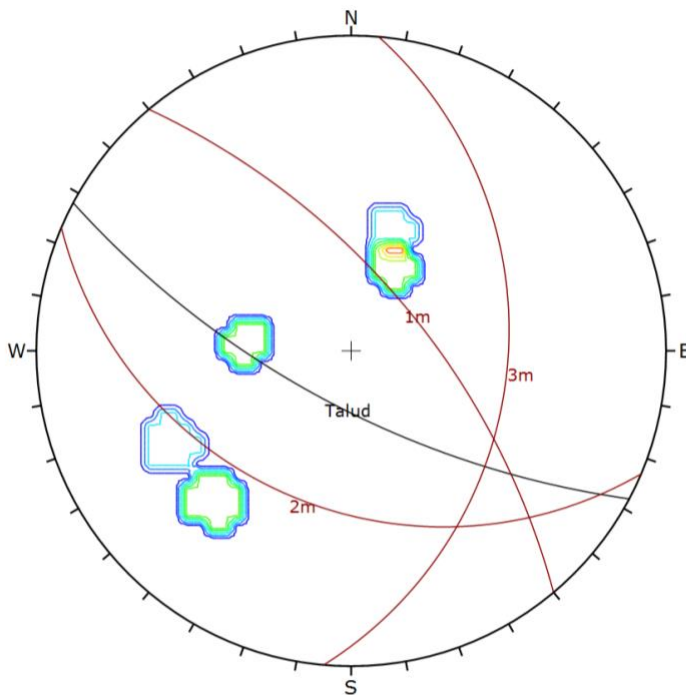
3325_N_5_5

➤ Falla



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	70	208	Talud
Mean Set Planes			
1m	71	98	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		1 (1 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

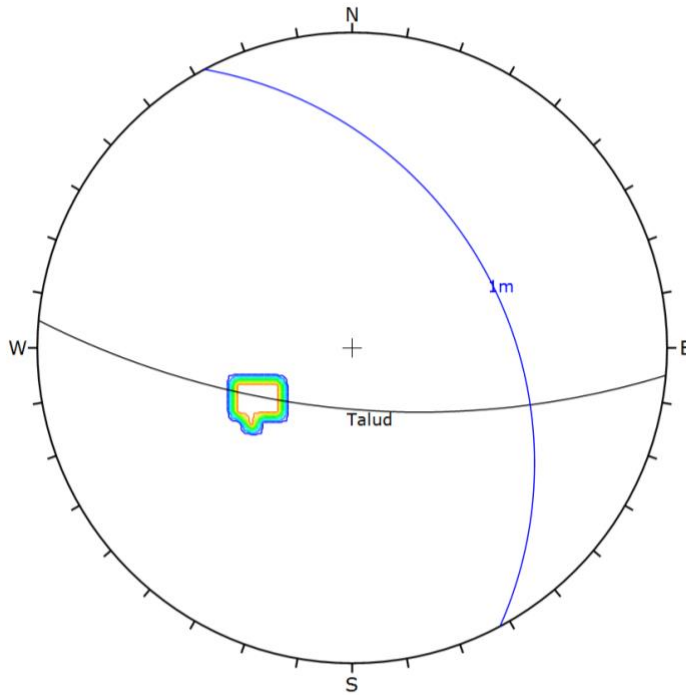
➤ Juntas



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	70	208	Talud
Mean Set Planes			
1m	65	50	
2m	37	203	
3m	37	95	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		8 (5 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

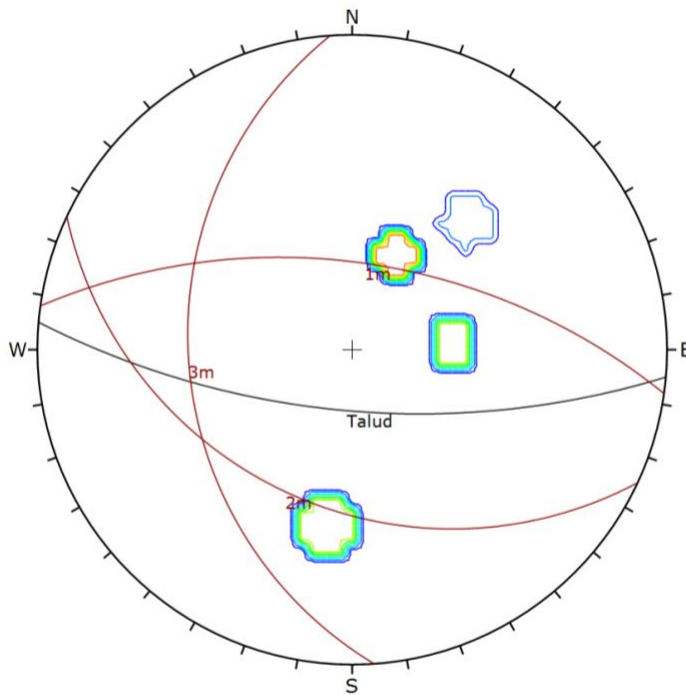
3325_N_5_6

➤ Falla



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	68	185	Talud
Mean Set Planes			
1m	38	62	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		1 (1 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

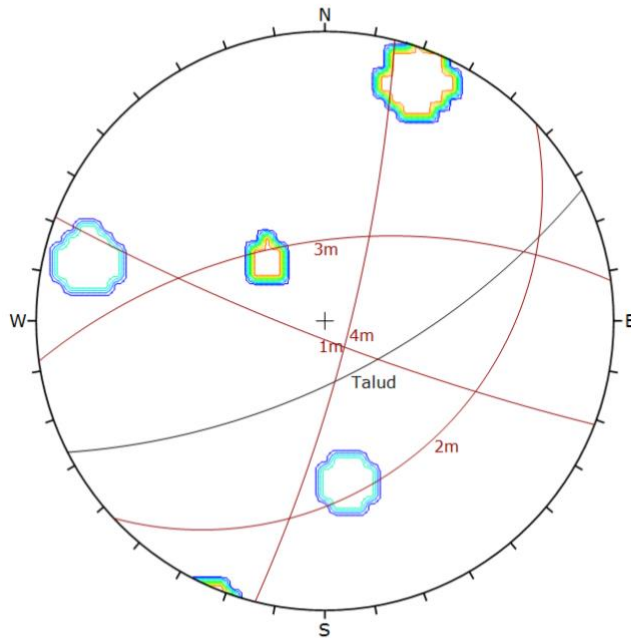
➤ Juntas



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	68	185	Talud
Mean Set Planes			
1m	59	8	
2m	37	205	
3m	35	266	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		11 (4 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

3325_NO_5_11

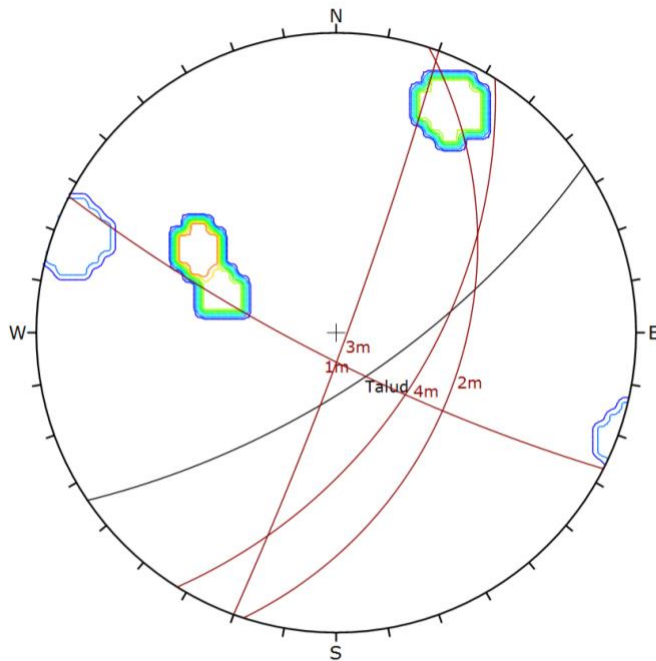
➤ Juntas



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	33.33%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Schmidt
Counting Circle Size	1.0%
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	6 (4 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

3325_NO_5_12

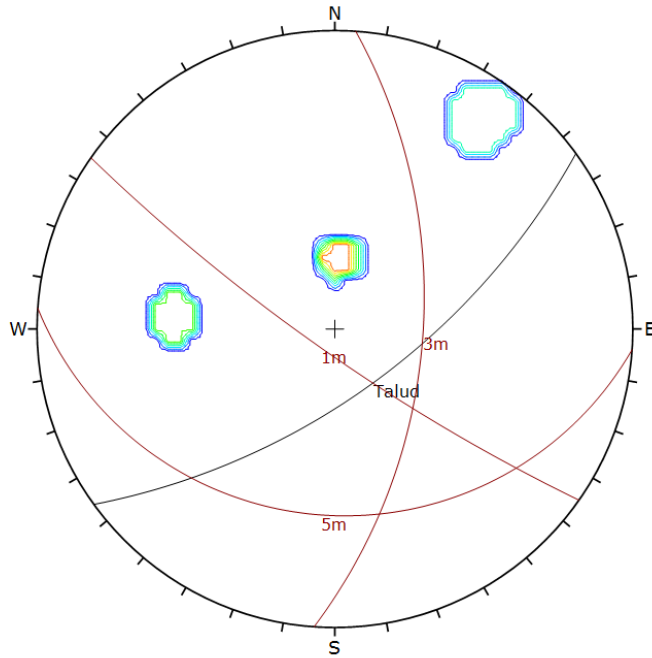
➤ Juntas



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	70	146	Talud
Mean Set Planes			
1m	80	207	
2m	44	108	
3m	86	110	
4m	56	122	
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	11 (4 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

3325_NO_5_13

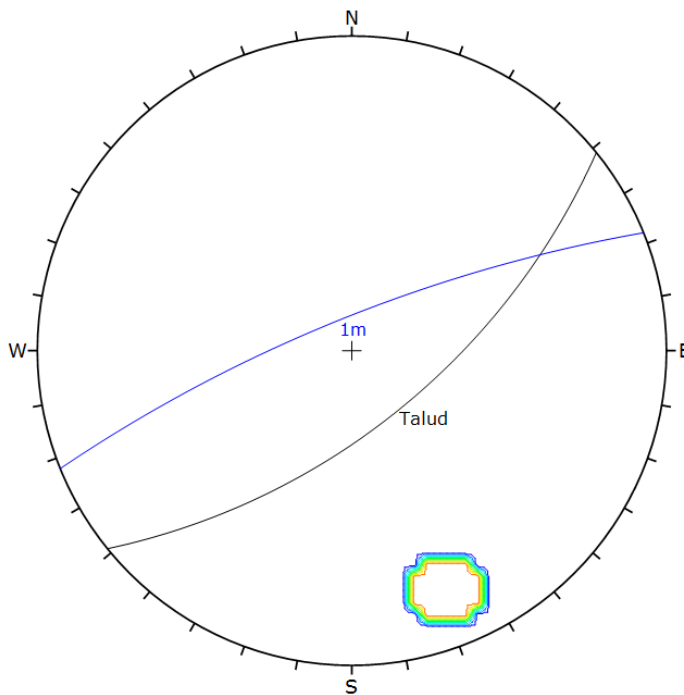
➤ Juntas



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	65	144	Talud
Mean Set Planes			
1m	81	215	
3m	57	94	
5m	26	184	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		13 (4 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

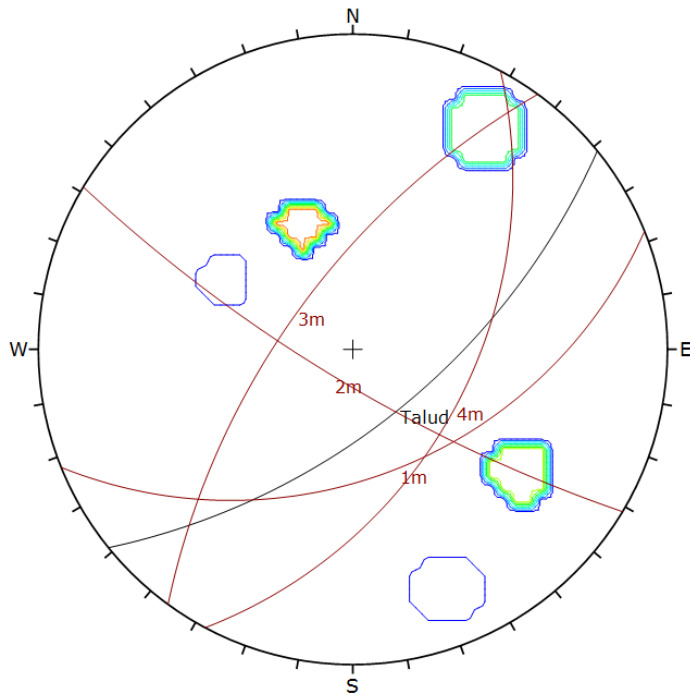
3325_NO_5_14

➤ Falla



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	63	141	Talud
Mean Set Planes			
1m	78	338	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		1 (1 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

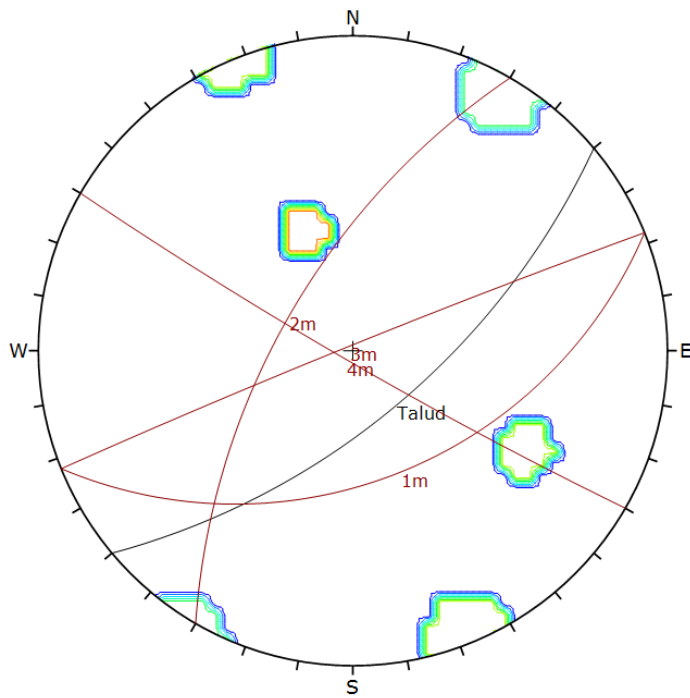
➤ Juntas



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	63	141	Talud
Mean Set Planes			
1m	46	158	
2m	78	211	
3m	66	306	
4m	49	118	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		14 (5 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

3325_NO_5_15

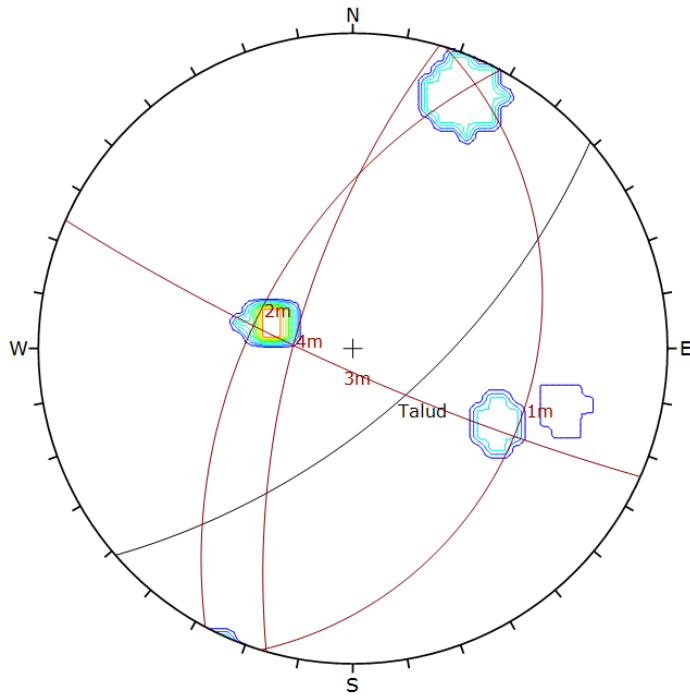
➤ Juntas



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	65	140	Talud
Mean Set Planes			
1m	45	158	
2m	64	300	
3m	88	338	
4m	86	210	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		16 (4 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

3325_NO_5_16

➤ Juntas



Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	65	139	Talud
Mean Set Planes			
1m	30	107	
2m	55	298	
3m	82	204	
4m	69	286	
Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count		17 (5 Entries)	
Hemisphere		Lower	
Projection		Equal Angle	

ANEXOS 4 – CLASIFICACIONES GEOMECÁNICAS

- Clasificación Bieniawski
- Clasificación de Laubscher
- Clasificación GSI
- Clasificación Slope Mass Rating
- Clasificación Q-Slope

CLASIFICACIÓN BIENIAWSKI

Nivel 3265

MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DA	FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA	
	E: 550588	E: 550601	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Qs	PROYECTO :	3265				
	N: 64483	N: 64475	67	205	UCS (Mpa):	109.32	CELDA:	3265	N	4		20

ID	Tipo de Estructura				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)				Valor
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	
1	JS	62	260	5	>20	0.25	0.5	2	15
2	JS	28	345	20	7	0.3	0.25	1	15
3	F	28	345	1	>20	-	-	1	0
4	JS	85	160	14	10	0.3	0.1	1	15
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									

Comentarios : Formacion de cuñas, leve control estructural, material caido (cuña)

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Debil

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76					
Continuidad (m)	> 1	5 1 - 3	4 3 - 10	3 10 - 20	1 > 20
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1	3 1 - 5	1 > 5
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso	3 Suave	1 Pulido/Estrizado
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5	3 Blando < 5	2 Blando > 5
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente	3 Muy Alterada	1 Descompuesta

Jr (Q de Barton)	
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)	Grado
Estructuras sin continuidad	4
Rugoso e irregular u ordenado	3
Liso y ondulado	2
estriada y ondulado	1.5
Rugoso y planar	1.5
Liso y planar	1
Estriada y planar	0.5
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento	Grado
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies	1

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripción	UCS (Mpa.)	Valor
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	
R1	Roca muy debil	1 - 5	
R1.5		5	
R2	Roca debil	5 - 25	
R2.5		25	
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	
R3.5		50	
R4	Roca fuerte	50 - 100	
R4.5		100	
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	

Ja (Q de Barton)			
Tipo	Description	Grado	
Planos	Sellado	0.75	
	Planos inalterados o con pintas locales	1	
	Planos ligeramente alterados sin arcilla	2	
	Planos con pequeñas fracciones de arcillas (no blandas)	3	
Rellenos	Planos recubiertos de arcillas blandas o pequeñas cantidades de arcillas expansivas (hasta 2mm.)	4	
	Planos recubiertos de arcillas blandas o pequeñas cantidades de arcillas expansivas (hasta 2mm.)	4	
Fallas	Rellenos no arcillosos (hasta 5 mm.)	4 - 6	
	Rellenos arcillosos duros a blandos (inferior a 5mm.)	6 - 8	
	Rellenos de arcillas expansivas (hasta 5 mm.)	8 - 12	
	Planos con relleno de roca desintegrada y pocas arcillas	6 - 8	
	Fallas con rellenos arcillosos duros a blandos (desarrollando de la cantidad de arcillas expansivas y de la exposición al agua)	8 - 12	
	Fallas gruesas mayormente con relleno arcilloso expansivo	12 - 20	

Control Estructural			
No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que infuyan la estabilidad del banco	Ninguno		
Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.	Debil		
Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuas, del tipo cuña, planos escalonados que infuyen en el sobrequebre.	Moderado		
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebre. Banco más empinado que los mecanismos.	Fuerte		
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebra al ángulo aparente del mecanismo de control.	Muy Fuerte		

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)														
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO										VALORACION			
	RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1	12
RQD %	90-100	(20)		75-90	(17)	X	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	17
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	X	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	10
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.	(25)		Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura	(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda	(12)	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades	(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	4	14
AGUA SUBTERRANEA	X			Totamente Seco	(10)		Solo Humedo	(7)	Ligera presión de agua	(4)	Serios problemas de agua	(0)	5	10
ROCK MASS RATING 76														
63														
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO														
BUENA														
RMR		0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100				
IDENTIFICACION EN EL PLANO						63								
CALIDAD GEOTECNICA		MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA				
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA		Estructura del Macizo Rocoso		MB-		Condición de las Discontinuidades		B-		GSI		50-60		

*FF Macizo Rocoso: 2 *Jv: 11 RQD: 80 % Blocksize: 0.3 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :	DA	FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA	
	E: 550500	E: 550515	DIP	DIP DIR			ALTERACION:	Qs	PROYECTO :	3265				
	N: 64511	N: 64508	74	170			UCS (Mpa):	142.95	CELDA:	3265	N	4		21

ID	Tipo de Estructura				Abertura / Espesor (mm)				Espaciamiento (m)				N de Extremos Visibles				Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)				
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Continuidad (m)	Continuidad (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor		
1	JS	55	192	4	0.2	>20	0.25	0.3	1	Arc	9	3	3	4	3	3	4	2	4	16					
2	JS	55	276	4	0.2	7	0.3	0.25	1	Arc	7	5	2	4	3	3	4	2	4	16					
3	JS	48	020	4	30	10	0.25	0.2	1	Arc	3	0.5	1	1	3	3	3	2	4	15					
4	F	78	348	1	10	>20	-	-	1	Pz	1	3	1	8	-	-	-	-	-	0					
5	F	62	160	1	10	>20	-	-	1	Pz	1	3	1	10	-	-	-	-	-	0					
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									

Comentarios : Macizo de buena calidad geotecnica, afloramiento de agua por discontinuidades, con presencia de oxidos, cara de banco

irregular, formacion de cuñas.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'					
Continuidad (m)	> 1	5	1 - 3	4	3 - 10
Abertura (mm)	Ninguna	5	< 0.1	4	0.1 - 1
Rugosidad	Muy Rugoso	5	Rugoso	4	Algo Rugoso
Relleno (mm)	Ninguno	5	Duro < 5	4	Duro > 5
Meteorización	Ninguna	5	Ligeramente	4	Moderadamente

Jr (Q de Barton)	
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)	Grado
Estructuras sin continuidad	4
Rugoso e irregular u ordenado	3
Liso y ondulado	2
estriada y ondulado	1.5
Rugoso y planar	1.5
Liso y planar	1
Estriada y planar	0.5

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripción	UCS (Mpa.)	Valor
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	
R1	Roca muy debil	1 - 5	
R2	Roca debil	5 - 25	
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	
R4	Roca fuerte	50 - 100	
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	
R6	Roca extremadamente fuerte	>250	

Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento			
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies			1

Ja (Q de Barton)		
Tipo	Description	Grado
Planos	Sellado	0.75
	Planos inalterados o con manchas locales	1
	Planos ligeramente alterados sin arcilla	2
	Planos con pequeñas fracciones de arcillas (no blandas)	3
Rellenos	Relleno no arcilloso (hasta 5 mm.)	4 - 6
	Relleno arcilloso duro a blando (inferior a 5mm.)	6 - 8

Control Estructural			
No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que infuyan la estabilidad del banco			Ninguno
Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.			Debil
Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuidades, del tipo cuña, planos escalonados que infuyen en el sobrequebre.			Moderado
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebre. Banco más empinado que los mecanismos.			Fuerte
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebra al ángulo aparente del mecanismo de control.			Muy Fuerte

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)														
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO											VALORACION		
RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1	12	
RQD %	X	90-100	(20)	75-90	(17)	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	20	
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	X	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	20	
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.	(25)		Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura	(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda	(12)	Superficies pulidad o con relleno <5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	13	
AGUA SUBTERRANEA	Totalmente Seco					(10)	Solo Humedo	(7)	X	Ligera presión de agua	(4)	Serios problemas de agua	(0)	7
ROCK MASS RATING 76													72	
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO													BUENA	
RMR			0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100			
IDENTIFICACION EN EL PLANO													72	
CALIDAD GEOTECNICA			MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA			
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA			Estructura del Macizo Rocoso		B+		Condición de las Discontinuidades		MB-		GSI 75-85			

*FF Macizo Rocoso: 3 *Jv: 5 RQD: 100 % Blocksize: 0.3 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DA	FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA	
	E: 550500	E: 550515	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Qs	PROYECTO :	3265				
	N: 64511	N: 64508	74	170	UCS (Mpa):	92.93	CELDA:	3265	N	4		22

ID	Tipo de Estructura				Abertura / Espesor (mm)				Espaciamiento (m)				Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)				
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Continuidad (m)	Continuidad (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor				
1	JS	32	205	6	0.2	8	0.3	0.4	2	Arc	11	6	3	4	1	3	1	2	3	10	
2	JS	84	050	6	0.2	11	0.3	0.4	2	Arc	11	6	3	4	1	3	1	2	3	10	
3	JS	80	081	4	0.2	10	0.3	0.4	2	Arc	11	6	3	4	1	3	1	2	3	10	
4	F	82	042	1	10	>20	-	-	0	Pz	1	1	1	8	-	-	-	-	-	0	
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					

Comentarios : Macizo de buena calidad geotecnica, afloramiento de agua por discontinuidades, con presencia de oxidos, cara de banco irregular, formacion de cuñas.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76						
Continuidad (m)	> 1	5 1 - 3	4 3 - 10	3 10 - 20	1 > 20	0
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1	3 1 - 5	1 > 5	0
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso	3 Suave	1 Pulido/Estrizado	0
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5	3 Blando < 5	2 Blando > 5	0
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente	3 Muy Alterada	1 Descompuesta	0

Jr (Q de Barton)					
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)					Grado
Estructuras sin continuidad					4
Rugoso e irregular u ordenado					3
Liso y ondulado					2
estriada y ondulado					1.5
Rugoso y planar					1.5
Liso y planar					1
Estriada y planar					0.5
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento					Grado
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies					1

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripción	UCS (Mpa.)	Valor
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	
R1	Roca muy debil	1 - 5	3 1
R1.5			5 1
R2	Roca debil	5 - 25	15 2
R2.5			25 3
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5 4
R3.5			50 6
R4	Roca fuerte	50 - 100	75 7
R4.5			100 9
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175 13
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	>250 15

Ja (Q de Barton)					
No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que infuyan la estabilidad del banco					Ninguno
Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.					Debil
Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuidades, del tipo cuña, planos escalonados que infuyen en el sobrequebre.					Moderado
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebre. Banco más empinado que los mecanismos.					Fuerte
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebra al ángulo aparente del mecanismo de control.					Muy Fuerte

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)																		
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO											VALORACION						
	RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1	12				
RQD %	X	90-100	(20)	75-90	(17)	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	20					
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	X	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	15					
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.		(25)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura		(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda		(12)	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades		(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades		(0)	4	9
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco			(10)	Solo Humedo			(7)	Ligera presión de agua		(4)	Serios problemas de agua		(0)	5	10	
ROCK MASS RATING 76														66				
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO														BUENA				
RMR				0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100						
IDENTIFICACION EN EL PLANO														66				
CALIDAD GEOTECNICA				MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA						
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA				Estructura del Macizo Rocoso		MB-		Condición de las Discontinuidades		B+		GSI		55-65				

*FF Macizo Rocoso: 3 *Jv: 8 RQD: 95 % Blocksize: 0.4 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :	DA		FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA		
	E: 550406		E: 550400		DIP		DIP DIR		ALTERACION:	Qs		PROYECTO :		3265				
	N: 64478		N: 64483		67		165		UCS (Mpa):	194.84		CELDA:		3265			N 4 23	

ID	Tipo de Estructura				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)				Valor											
	Tipo	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)		N de Extremos Visibles										
1	JS	52	205	31	0.2	9	0.15	0.2	1	Cl, Arc	9	6	1.5	7	3	3	3	2	4	15
2	JS	80	281	21	0.2	4	0.15	0.2	1	Cl, Arc	9	6	1.5	7	4	3	3	2	4	16
3	JS	80	180	35	0.2	8	0.15	0.2	1	Cl, Arc	9	6	1.5	7	3	3	3	2	4	15
4	F	88	200	1	10	>20	-	-	0	Rx, Arc, Pz	1	1	0.5	10	-	-	-	-	-	0
5	F	48	190	1	10	>20	-	-	1	Rx, Arc, Pz	1	1	0.5	10	-	-	-	-	-	0
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios : Esta celda corresponde al dique de LP de un espesor de 20 metros, se encuentra fracturado.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76				Jr (Q de Barton)			
Continuidad (m)	> 1	5 1-3	4 3-10	3 10-20	1 >20	0	
Abertura (mm)	Ninguna	5 <0.1	4 0.1-1	3 1-5	1 >5	0	
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso	3 Suave	1 Pulido/Estrizado	0	
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5	3 Blando < 5	2 Blando > 5	0	
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente	3 Muy Alterada	1 Descompuesta	0	

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripcion	UCS (Mpa.)	Valor
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	
R1	Roca muy debil	1 - 5	3
R2	Roca debil	5 - 25	15
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5
R4	Roca fuerte	50 - 100	75
R4.5	Roca muy fuerte	100 - 250	100
R5	Roca extremadamente fuerte	>250	175

Ja (Q de Barton)			
Tipo	Descripcion	Grado	
Planos	Sellado	0.75	
	Planos inalterados o con patinas locales	1	
	Planos ligeramente alterados sin arcilla	2	
	Planos con pequeñas fracciones de arcillas (no blandas)	3	
Rellenos	Planos recubiertos de arcillas blandas o pequeñas cantidades de arcillas expansivas (hasta 2mm.)	4	
	Relleno no arcilloso (hasta 5 mm.)	4-6	
	Relleno arcilloso duro a blando (inferior a 5mm.)	6-8	
	Rellenos de arcillas expansivas (hasta 5 mm.)	8-12	
Fallas	sin contacto entre los planos	6-8	
	Fallas con relleno de roca desintegrada y pocas arcillas	8-12	
	Fallas con rellenos arcillosos duro a blando (dependiendo de la cantidad de arcillas expansivas y de la exposición al agua)	8-12	
	Fallas gruesas mayormente con relleno arcilloso expansivo	12-20	

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)																
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO										VALORACION					
RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(<10(1) <30)	(2)	1	12			
RQD %	90-100	(20)		75-90	(17)	50-75	(13)	X	25-50	(8)	<25	(3)	2	6		
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	0.30 - 1	(20)	X	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	8		
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.	(25)		Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca dura	(20)	X			Superficies pulidas o con relleno <5mm. O Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades	(6)			Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	4	14
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco				(10)	Solo Humedo		(7)	Ligera presión de agua	(4)	Serios problemas de agua		(0)	5	10
ROCK MASS RATING '76												50				
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO												REGULAR				
RMR			0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100					
IDENTIFICACION EN EL PLANO												50				
CALIDAD GEOTECNICA			MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA					
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA			Estructura del Macizo Rocoso		MB-		Condición de las Discontinuidades		R-		GSI		40-50			

*FF Macizo Rocoso: 8 *Jv: 8 RQD: 45 % Blocksize: 0.19 y



Control Estructural

No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que influyan la estabilidad del banco

Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.

Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuidades, del tipo cuña, planos escalonados que influyen en el sobrequebraje.

Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebraje. Banco más empinado que los mecanismos.

Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebraja al ángulo aparente del mecanismo de control.

MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

 SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DA		FUENTE: SPCC			SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA			
	E: 550340		E: 550354		DIP		DIP DIR		ALTERACION:	Qs		PROYECTO :			3265	
	N: 64455		N: 64460		67		170		UCS (Mpa):	131.99		CELDA:			3265 N 4 24	

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)						
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor	
1	JS	32	185	12	0.2	10	0.8	1	Arc	9	6	1.5	7	3	3	3	2	4	15
2	JS	80	145	9	0.2	10	0.95	1	Arc	9	6	1.5	7	3	3	3	2	4	15
3	JS	77	200	7	0.2	8	1	1	Arc	9	6	1.5	7	3	3	3	2	4	15
4	F	86	130	1	0.7	>20	-	-	Arc, Pz	2	1	0.5	10	-	-	-	-	-	0
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			

Comentarios : Macizo de buena calidad, formación de cuñas, material derramado en el toe por colapso de una cuña, cara de banco irregular.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado- Debil

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'			
Continuidad (m)	> 1	5 1-3	4 3-10
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripcion	UCS (Mpa.)	Valor
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	
R1	Roca muy debil	1 - 5	3
R2	Roca debil	5 - 25	15
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5
R4	Roca fuerte	50 - 100	75
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	> 250

Jr (Q de Barton)		
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)		
Estructuras sin continuidad		4
Rugoso e irregular u ordenado		3
Liso y ondulado		2
estriada y ondulado		1.5
Rugoso y planar		1.5
Liso y planar		1
Estriada y planar		0.5
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento		
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies		1

Espec. FF/m Valor				Alteraciones				RQD		Tipo de Relleno	
>3	0	30		G/A	Yeso / Anhídrita	%	Jv	Valor	Pz	Planizo	
2.5	0	29		Arg	Argilización	0	35	3	Br	Brecha de Roca	
2	1	28		Prop	Propilización	10	32	4	Arc	Arcillas	
1.5	1	26		Sil	Silicificación	20	29	5	Ox	Oxidos (Hm, Lm, Jr)	
1	1	24		Fil	Filica	30	26	6	Tur	Turmalina	
0.5	2	19				40	23	8	Oz	Cuarzo	
0.3	3	16				50	20	10	Yes	Yeso	
0.25	4	15				60	17	12	An	Anhídrita	
0.2	5	14				70	14	14	Ca	Calcia	
0.15	7	12				80	11	16	S	Sulfuros (Py, Cpy)	
0.1	10	9				90	8	18			
0.05	20	5				100	5	20			

Ja (Q de Barton)		
Control Estructural		
No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que influyan la estabilidad del banco		Ninguno
Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.		Debil
Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuidades, del tipo cuña, planos escalonados que influyen en el sobrequebre.		Moderado
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebre. Banco más empinado que los mecanismos.		Fuerte
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebra al ángulo aparente del mecanismo de control.		Muy Fuerte

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)																
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO										VALORACION					
RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1	12			
RQD %	X	90-100	(20)	75-90	(17)	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	20			
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	0.30 - 1	(20)	X	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	10		
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'			(25)				X			(12)		(6)	(0)	4	14	
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco					(10)	Solo Humedo		(7)	Ligera presión de agua	(4)	Serios problemas de agua	(0)	5	10
ROCK MASS RATING '76												66				
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO												BUENA				
RMR			0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100					
IDENTIFICACION EN EL PLANO									66							
CALIDAD GEOTECNICA			MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA					
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA			Estructura del Macizo Rocoso		MB+		Condición de las Discontinuidades		MB-		GSI 65-75					

*FF Macizo Rocoso: 2 *Jv: 8 RQD: 90 % Blocksize: 0.9 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

 SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :	Qq		FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA	
	E: 550236		E: 550249		DIP		DIP DIR		ALTERACION:	PROYECTO :		3265					
	N: 64419		N: 64427		68		170		UCS (Mpa):	146.52		CELDA:	3265		N 4 25		

ID	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)				Valor					
											JRC	JCS	JR	JA						
1	JS	68	128	38	0.2	10	0.05	1	1	Arc	9	2	2	4	3	3	3	2	4	15
2	JS	74	200	30	0.2	11	0.1	1.2	1	Arc	9	2	2	4	3	3	3	2	4	15
3	JS	44	215	20	0.2	6	0.15	1.3	1	Arc	9	2	2	4	3	3	3	2	4	15
4	JS	54	210	5	0.7	8	-	-	0	Arc	9	2	2	6	3	3	3	2	4	15
5	F	86	130	1	20	>20	-	-	0	Arc, Pz	2	1	0.5	10	-	-	-	-	-	0
6	F	86	130	1	10	>20	-	-	0	Arc, Pz	2	1	0.5	10	-	-	-	-	-	0
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios : Macizo de buena calidad, formación de cuñas, material derramado en el toe por colapso de una cuña, cara de banco irregular.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado- Debil

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'			
Continuidad (m) > 1	5 1-3	4 3-10	3 10-20
Abertura (mm)	Ninguna 5 < 0.1	4 0.1-1	3 1-5
Rugosidad	Muy Rugoso 5	Rugoso 4	Algo Rugoso 3
Relleno (mm)	Ninguno 5	Duro < 5 4	Duro > 5 3
Meteorización	Ninguna 5	Ligeramente 4	Moderadamente 3

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripcion	UCS (Mpa.)	Valor
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	
R1	Roca muy debil	1 - 5	
R2	Roca debil	5 - 25	
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	
R4	Roca fuerte	50 - 100	
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	

Jr (Q de Barton)		
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)		
Estructuras sin continuidad		Grado 4
Rugoso e irregular u ordenado		3
Liso y ondulado		2
estriada y ondulado		1.5
Rugoso y planar		1.5
Liso y planar		1
Estriada y planar		0.5
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento		
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies		
		Grado 1

Espac. FF/m Valor		Alteraciones		RQD		Tipo de Relleno	
>3	0	G/A	Yeso / Anhídrita	%	Jv	Valor	
2.5	0	Arg	Argilización	0	35	3	Pz Panizo
2	1	Prop	Propilización	10	32	4	Br Brecha de Roca
1.5	1	Sil	Silicificación	20	29	5	Arc Arcillas
1	1	Fl	Filica	30	26	6	Ox Oxidos (Hm, Lm, Jr)
0.5	2			40	23	8	Turn Turmalina
0.3	3			50	20	10	Oz Cuarzo
0.25	4	J	Junta Simple	60	17	12	Yes Yeso
0.2	5	JS	Set de Juntas	70	14	14	An Anhídrita
0.15	7	F	Falla	80	11	16	Ca Calcia
0.1	10	CT	Contacto	90	8	18	S Sulfuros (Py, Cpy)
0.05	20	Dk	Dique	100	5	20	

Ja (Q de Barton)		Control Estructural	
Tipo Descripción			
Planos	Sellado	Grado 0.75	
	Planos inalterados o con patinas locales	1	
	Planos ligeramente alterados sin arcilla	2	
	Planos con pequeñas fracciones de arcillas (no blandas)	3	
	Planos recubiertos de arcillas blandas o pequeñas cantidades de arcillas expansivas (hasta 2mm.)	4	
Rellenos	Contacto entre los planos antes de un desplazamiento por corte de 10cm.	3	
	Relleno no arcilloso (hasta 5 mm.)	4 - 6	
	Relleno arcilloso duro a blando (inferior a 5mm.)	6 - 8	
	Rellenos de arcillas expansivas (hasta 5 mm.)	8 - 12	
Fallas	Sin contacto entre los planos	3	
	Fallas con relleno de roca desintegrada y pocas arcillas	6 - 8	
	Fallas con rellenos arcillosos duros o blandos (dependiendo de la cantidad de arcillas separativas y de la presencia de agua)	8 - 12	
	Fallas gruesas mayormente con relleno arcilloso expansivo	12 - 20	

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)											
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO										VALORACION
RESISTENCIA (MPa)	>200 (15)	X	100-200 (12)		50-100 (7)		25-50 (4)		<25(2) <10(1) <3(0) (2)	1	12
RQD %	90-100 (20)		75-90 (17)	X	50-75 (13)		25-50 (8)		<25 (3)	2	13
ESPACIAMIENTO (m)	> 3 (30)		1 - 3 (25)		0.30 - 1 (20)	X	0.05 - 0.30 (10)		< 0.05 (5)	3	8
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76	(25)		(20)		X		(12)		(6)		(0)
AGUA SUBTERRANEA	X				Totalmente Seco (10)			Solo Humedo (7)		Ligera presión de agua (4)	
ROCK MASS RATING '76										57	
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO										REGULAR	
RMR			0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100
IDENTIFICACION EN EL PLANO										57	
CALIDAD GEOTECNICA			MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA			Estructura del Macizo Rocoso		MB+		Condición de las Discontinuidades		R+		GSI 50-60

*FF Macizo Rocoso: 7 *Jv: 18 RQD: 55 % Blocksize: 0.15 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DI		FUENTE: SPCC			SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA	
	E: 549676.02	E: 549663.12	DIP	DIP DIR	ALTERACION:				PROYECTO :			
	N: 64391.26	N: 64383.60	68	151	UCS / σt:	183.56	17.30	CELDA:	3265	NO		5

ID	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)						
										JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor	
1	JS	35	148	3	1	>15	0.35	0.4	0	Ai	7	4	1.5	1	1	3	3	4	4	15
2	JS	35	091	3	1	15	0.35	0.6	1	Mi	7	4	1.5	2	2	3	3	4	3	15
3	JS	63	160	2	1	>20	0.45	0.6	0	Ai	7	4.5	1.5	1	0	3	3	4	5	15
4	JS	70	325	3	2	>20	0.40	0.5	0	Li	7	4	1.5	1	0	2	3	4	4	13
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios :			
Ubicación de Celda en Campo:	Control Estructural:	Moderado	

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76						
Continuidad (m) > 1	5	1 - 3	4	3 - 10	3	10 - 20
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4	0.1 - 1	3	1 - 5
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4	Algo Rugoso	3	Suave
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4	Duro > 5	3	Blando > 5
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4	Moderadamente	3	Muy Alterada

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripcion	UCS (Mpa.)	Valor
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	3
R1	Roca muy debil	1 - 5	3
R2	Roca debil	5 - 25	3
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	3
R4	Roca fuerte	50 - 100	3
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	3
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	3

Jr (Q de Barton)	
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)	Grado
Estructuras sin continuidad	4
Rugoso e irregular u ordenado	3
Liso y ondulado	2
estriada y ondulado	1.5
Rugoso y planar	1.5
Liso y planar	1
Estriada y planar	0.5
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento	Grado
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies	1

Ja (Q de Barton)	
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)	Grado
Estructuras sin continuidad	4
Rugoso e irregular u ordenado	3
Liso y ondulado	2
estriada y ondulado	1.5
Rugoso y planar	1.5
Liso y planar	1
Estriada y planar	0.5

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)														
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO										VALORACION			
	RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)		<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1
RQD %	90-100	(20)	X	75-90	(17)	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	17	
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	X	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	19
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.	(25)		Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca dura	(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda	(12)	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades	(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	4	14
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco			(10)	Solo Humedo		(7)	Ligera presión de agua	(4)	Serios problemas de agua	(0)	5	10
ROCK MASS RATING '76													73	
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO													BUENA	
RMR			0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100			
IDENTIFICACION EN EL PLANO													73	
CALIDAD GEOTECNICA			MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA			
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA			Estructura del Macizo Rocoso		B+		Condición de las Discontinuidades		B-		GSI 65-75			

*FF Macizo Rocoso: 3 *Jv: 12 RQD: 85 % Blocksize: 0.45 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :	FUENTE: SPCC			SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA
	E: 549585.75	E: 549573.71	DIP	DIP DIR			ALTERACION:				
	N: 64324.79	N: 64315.84	68	142			UCS / σt:	176.24	16.61	CELDA: 3265 NO 5 2	

ID	CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)										CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)																											
	Tipo de Estructura		N de Estructuras		Abertura / Espesor (mm)		Continuidad (m)		Espaciamiento (m)		Overize (m)		N de Extremos Visibles		Tipo de Relleno		Continuidad		Abertura		Rugosidad		Relleno		Meteorizacion		Valor											
	Dip	Dip Dir											JRC	JCS	JR	JA																						
1	JS	77	019	2	1	15	0.5	0.8	0	Ai	7	4.5	1.5	1	2	3	3	3	4	4	4	16																
2	JS	35	165	1	1	>20	1	2	0	Ai	3	4.5	1	1	0	3	1	4	4	4	12																	
3	JS	30	070	1	1	12	0.5	0.8	0	Ar	7	4	2	2	3	3	3	4	4	3	16																	
4																																						
5																																						
6																																						
7																																						
8																																						
9																																						
10																																						
11																																						

Comentarios :

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Debil

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)																
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO													VALORACION		
	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1	13			
RESISTENCIA (MPa)																
RQD %	X	90-100	(20)	75-90	(17)	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	19			
ESPACIAMIENTO (m)		> 3	(30)	1 - 3	(25)	X	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	22			
CONDICION DE LAS JUNTAS JC '76		Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.	(25)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca dura	(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda	(12)	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades	(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	15			
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco			(10)	Solo Humedo			(7)	Ligera presión de agua		(4)	Serios problemas de agua	(0)	5	10
ROCK MASS RATING '76																
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO																
BUENA																
RMR																
IDENTIFICACION EN EL PLANO																
CALIDAD GEOTECNICA																
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA																

*FF Macizo Rocoso: 2 *Jv: 8 RQD: 95 % Blocksize: 0.8 m2

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'				Jr (Q de Barton)								
Continuidad (m) > 1	5 1 - 3	4 3 - 10	3 10 - 20	1 > 20	0	Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento) Grado						
Abertura (mm)	Ninguna 5 < 0.1	4 0.1 - 1	3 1 - 5	1 > 5	0	Estructuras sin continuidad 4						
Rugosidad	Muy Rugoso 5 Rugoso 4 Alge Rugoso 3 Suave 1 Pulido/Estrido 0				0	Rugoso e irregular u ordenado 3						
Relleno (mm)	Ninguna 5 Duro < 5 4 Duro > 5 3 Blando < 5 2 Blando > 5 1				0	Liso y ondulado 2						
Meteorización	Ninguna 5 Ligeramente 4 Moderadamente 3 Muy Alterada 1 Descompuesta 0				0	Estrizada y ondulado 1.5						
				Liso y planar 1.5								
				Liso y planar 1								
				Estrizada y planar 0.5								
				Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento Grado								
				Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies 1								
CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO				TIPO DE RELLENO								
Grado	Descripción	UCS (Mpa.)	Valor	Martillo	Espac. FF/m	Valor	Alteraciones	RQD	%	Jv	Valor	TIPO DE RELLENO
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	3	Mezcla de Panizo y Brecha	>3	0	G/A Yeso / Anhídrita	30	0	30	3	Calcita CA
R0.5					2.5	0	Arg Argilización	10	35	3	3	Clorita KL
R1	Roca muy debil	1 - 5	3	Se desmorona con un golpe	2	1	Prop Propilización	20	29	5	5	Detritus DE
R1.5					1.5	1	Sil Silificación	30	26	6	6	Yeso YE
R2	Roca debil	5 - 25	25	Se fractura en muchos pedazos con un golpe	0.5	2	Fil Filica	40	23	8	8	Anhidrita AN
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5	4 1 golpe se fractura	0.3	3	Estructuras	50	20	10	10	Feldespato FE
R3.5					0.25	4	J Junta Simple	60	17	12	12	Panizo PA
R4	Roca fuerte	50 - 100	75	2 2 golpes se fractura	0.2	5	JS Set de Juntas	70	14	14	14	Brecha BF
R4.5					0.15	7	F Falla	80	11	16	16	Aire AI
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175	3 3 golpes se fractura	0.1	10	CT Contacto	90	8	18	18	Arcilla AR
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	>250	15 Solo se astilla	0.05	20	Dk Dique	100	5	20	20	Limo LI
				Jv (Q de Barton)								
				Control Estructural								
				No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que influyan la estabilidad del banco Ninguno								
				Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Cada de pequeños bloques. Debil								
				Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuidades, del tipo cuña, planos escalonados que influyen en el sobrequebre. Moderado								
				Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebre. Banco mas empujado que los mecanismos. Fuerte								
				Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebra al ángulo aparente del mecanismo de control. Muy Fuerte								



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di		FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA	
	E: 549433.70	E: 549422.78	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Prop		PROYECTO :					
	N: 64195.39	N: 64185.11	70	138	UCS / σt:	168.08	15.84	CELDA:	3265	NO	5		3

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras				Espaciamiento (m)				Tipo de Relleno				Condición de las Discontinuidades (JC 1976)					
	Dip	Dip Dir	Abertura / Espesor (mm)		Continuidad (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor			
1	J	58	083	1	3	>15	-	-	0	Ar	7	3	2	3	1	1	3	2	1	8
2	JS	79	020	2	2	>20	0.4	0.6	0	Ar	7	3	1.5	3	0	2	3	2	1	8
3	JS	57	170	3	1	15	0.3	0.35	0	Ai	5	4	1	1	2	3	1	4	4	14
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios :

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Debil

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'						Jr (Q de Barton)							
Continuidad (m)	> 1	5 1 - 3	4 3 - 10	3 10 - 20	1 > 20	0	Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)						Grado
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1	3 1 - 5	1 > 5	0	Estructuras sin continuidad						4
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso	3 Suave	1 Pulido/Estruido	0	Rugoso e irregular u ordenado						3
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5	3 Blando < 5	2 Blando > 5	0	Liso y ondulado						2
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente	3 Muy Alterada	1 Descompuesta	0	Estríada y ondulado						1.5

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripcion	UCS (Mpa.)	Valor
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	
R0.5			Mezcla de Panizo y Brecha
R1	Roca muy debil	1 - 5	3 1
R1.5			Se desmorona con un golpe
R2	Roca debil	5 - 25	15 2
R2.5			Se fractura en muchos pedazos con un golpe
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5 4
R3.5			1 golpe se fractura
R4	Roca fuerte	50 - 100	75 7
R4.5			2 golpes se fractura
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175 13
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	15

Ja (Q de Barton)			
Tipo	Descripcion	Grado	
Planos	Contacto entre los planos	0.75	
	Sellado	1	
	Planos malterados o con patinas locales	2	
	Planos ligeramente alterados sin arcilla	3	
Rellenos	Planos con pequeñas fracciones de arcillas (no blandas)	4	
	Planos recubiertos de arcillas blandas o pequeñas cantidades de arcillas expansivas (hasta 2mm.)	4.6	
	Relleno no arcilloso (hasta 5 mm.)	6-8	
	Relleno arcilloso duro o blando (inferior a 5mm.)	8-12	
Fallas	Rellenos de arcillas expansivas (hasta 5 mm.)	Sin contacto entre los planos	
	Fallas con relleno de roca desintegrada y pocas arcillas	6-8	
	Fallas con rellenos arcilloso duro o blando (dependiendo de la cantidad de arcilla expansiva y de la exposición al agua)	8-12	
	Fallas gruesas mayormente con relleno arcilloso expansivo	12-20	

Espac. FF/m		Alteraciones		RQD		TIPO DE RELLENO	
> 3	0 30	G/A	Yeso / Anhidrita	% Jv	Valor	Calcita	CA
2.5	0 29	Arg	Argilización	10	35 3	Clorita	KL
2	1 28	Prop	Propilización	20	32 4	Detritus	DE
1.5	1 26	Sil	Silicificación	30	29 5	Yeso	YE
1	1 24	Fil	Filica	40	23 8	Anhidrita	AN
0.5	2 19	Estructuras		50	20 10	Feldespato	FE
0.3	3 16	J	Junta Simple	60	17 12	Panizo	PA
0.25	4 15	JS	Set de Juntas	70	14 14	Brecha	BF
0.2	5 14	F	Falla	80	11 16	Aire	AI
0.15	7 12	CT	Contacto	90	8 18	Arcilla	AR
0.1	10 9	Dk	Dique	100	5 20	Limo	LI
0.05	20 5					Mineral	MI
						Cuarzo	QZ
						Oxidos	OX

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)																	
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO										VALORACION						
RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1	12				
RQD %	90-100	(20)	X	75-90	(17)	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	16				
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	X	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3				
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.		(25)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca dura		(20)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda		(12)	X	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades		(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	4	11
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco				(10)	Solo Humedo		(7)	Ligera presión de agua		(4)	Serios problemas de agua	(0)	5	10	
ROCK MASS RATING '76												67					
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO												BUENA					
RMR			0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100						
IDENTIFICACION EN EL PLANO												67					
CALIDAD GEOTECNICA			MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA						
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA			Estructura del Macizo Rocoso		B+		Condición de las Discontinuidades		R+		GSI		60-70				

*FF Macizo Rocoso: 3 *Jv: 11 RQD: 80 % Blocksize: 0.4 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

 SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di		FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA
	E: 549338.49	E: 549326.33	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Prop	PROYECTO :					
	N: 64113.33	N: 64104.55	63	142	UCS / σt:	178.41	16.82	CELDA:	3265	NO	5	

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condición de las Discontinuidades (JC 1976)							
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor		
1	JS	72	205	3	3	15	0.3	0.5	0	Ai	5	4	1	1	2	1	1	4	4	12
2	JS	43	145	2	1	>15	0.5	0.6	0	Ai	7	4	1	1	0	3	3	4	4	14
3	JS	30	006	3	1	>20	0.3	0.35	0	Ar	7	3.5	1.5	2	0	3	3	2	3	11
4	F	66	000	1	350	>20	-	-	0	Bf	3	1	0.5	20	-	-	-	-	-	0
5	JS	79	092	4	1	15	0.25	0.3	0	Pa	3	2.5	1	3	2	3	1	2	1	9
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios :	
Ubicación de Celda en Campo:	Control Estructural: Moderado

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'					Jr (Q de Barton)						
Continuidad (m)	> 1	5 - 1 - 3	4 - 3 - 10	3 - 10 - 20	1 - > 20	0	Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)				Grado
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 - 0.1 - 1	3 - 1 - 5	1 - > 5	0	Estructuras sin continuidad				4
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso	3 Suave	1 Pulido/Estrado	0	Rugoso e irregular u ordenado				3
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5	3 Blando < 5	2 Blando > 5	0	Liso y ondulado				2
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente	3 Muy Alterada	1 Descompuesta	0	Estrada y ondulado				1.5
							Rugoso y planar				1.5
							Liso y planar				1
							Estrada y planar				0.5
							Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento				Grado
							Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies				1

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripcion	UCS (Mpa.)	Valor
RO	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	
RO.5			Mezcla de Panizo y Brecha
R1	Roca muy debil	1 - 5	3
R1.5			Se desmorona con un golpe
R2	Roca debil	5 - 25	15
R2.5			Se fractura en muchos pedazos con un golpe
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5
R3.5			1 golpe se fractura
R4	Roca fuerte	50 - 100	75
R4.5			2 golpes se fractura
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175
R5.5			3 golpes se fractura
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	> 250
			Solo se astilla

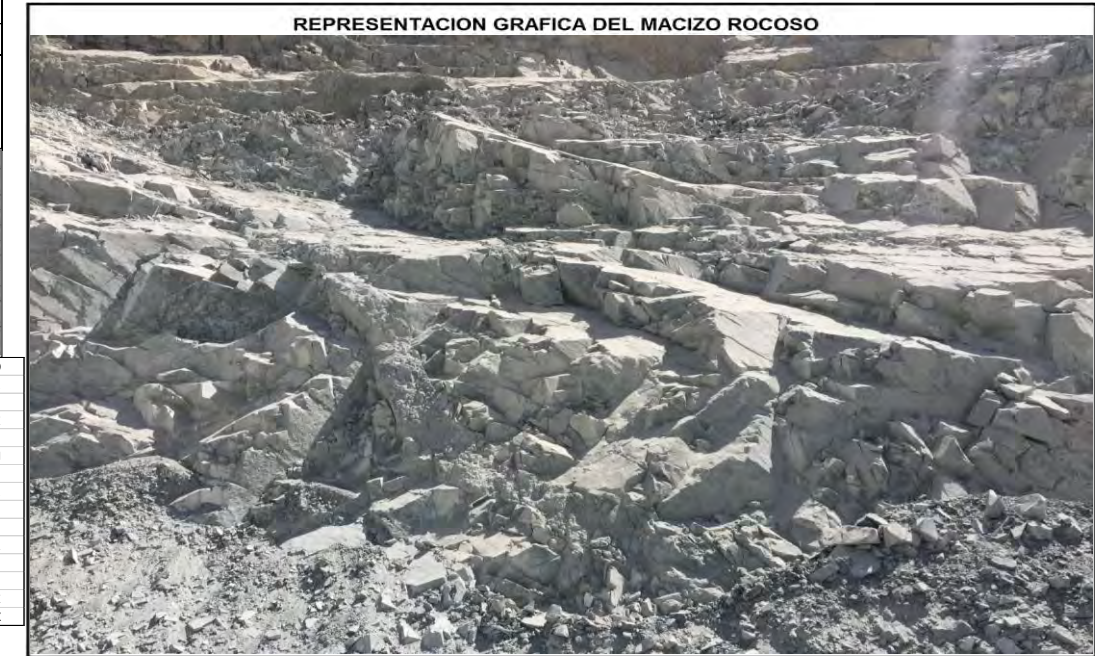
Ja (Q de Barton)		
Tipo	Descripcion	Grado
	Contacto entre los planos	
	Sellado	0.75
Planos	Planos malterados o con patinas locales	1
	Planos ligeramente alterados sin arcilla	2
	Planos con pequeñas fracciones de arcillas (no blandas)	3
	Planos recubiertos de arcillas blandas o pequeñas cantidades de arcillas expansivas (hasta 2mm.)	4
	Contacto entre los planos antes de un desplazamiento por corte de 10cm.	
	Relleno no arcilloso (hasta 5 mm.)	4 - 6
	Relleno arcilloso duro o blando (inferior a 5mm.)	6 - 8
	Rellenos de arcillas expansivas (hasta 5 mm.)	8 - 12
Fallas	Sin contacto entre los planos	
	Fallas con relleno de roca desintegrada y pocas arcillas	6 - 8
	Fallas con relleno arcilloso duro o blando (dependiendo de la cantidad de arcilla expansiva y de la exposición al agua)	8 - 12
	Fallas gruesas mayormente con relleno arcilloso expansivo	12 - 20

Control Estructural			
No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que influyan la estabilidad del banco			
Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.			
Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuidades, del tipo cuña, planos escalonados que influyen en el sobrequebre.			
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebre. Banco más empinado que los mecanismos.			
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebra al ángulo aparente del mecanismo de control.			

Espac. FF/m Valor		Alteraciones		RQD		TIPO DE RELLENO	
> 3	0 - 30	G/A	Yeso / Anhidrita	% Jv	Valor	Calcita	CA
2.5	0 - 29	Arg	Argilización	0	35	Clorita	KL
2	1 - 28	Prop	Propilización	10	32	Detritus	DE
1.5	1 - 26	Sil	Silicificación	20	29	Yeso	YE
1	1 - 24	Fil	Filica	30	26	Anhidrita	AN
0.5	2 - 19	E	Estructuras	40	23	Feldespato	FE
0.3	3 - 16	J	Junta Simple	50	20	Panizo	PA
0.25	4 - 15	JS	Set de Juntas	60	17	Brecha	BF
0.2	5 - 14	F	Falla	70	14	Aire	AI
0.15	7 - 12	CT	Contacto	80	11	Arcilla	AR
0.1	10 - 9	Dk	Dique	90	8	Limo	LI
0.05	20 - 5			100	5	Mineral	MI
						Cuarzo	QZ
						Oxidos	OX

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)																							
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO										VALORACION												
RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1	13										
RQD %	90-100	(20)		75-90	(17)	X	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	14									
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	X	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	16									
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.		(25)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura.		(20)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca blanda.		(12)	X	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades.		(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades.		(0)	4	6					
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco				(10)	Solo Humedo		(7)	Ligera presión de agua		(4)	Serios problemas de agua		(0)	5	10						
ROCK MASS RATING '76												59											
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO						REGULAR																	
RMR			0 - 20			21 - 40			41 - 60			61 - 80			81 - 100								
IDENTIFICACION EN EL PLANO						59																	
CALIDAD GEOTECNICA			MUY MALA			MALA			REGULAR			BUENA			MUY BUENA								
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA						Estructura del Macizo Rocoso			B-			Condición de las Discontinuidades			M+			GSI			45-55		

*FF Macizo Rocoso: 4 *Jv: 14 RQD: 70 % Blocksize: 0.3 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di		FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA	
	E: 549251.73	E: 549245.03	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Prop	PROYECTO :						
	N: 64025.39	N: 64011.97	65	115	UCS / σt:	191.96	18.09	CELDA:	3265	NO	5		5

ID	Tipo de Estructura		Condición de las Discontinuidades (JC 1976)								CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)										
			Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor
1	JS	40	132	2	1	20	0.5	0.8	0	Ai	7	4	1.5	1	1	4	4	4	4	17	
2	JS	43	090	3	1	20	0.3	0.45	0	Ai	5	4	2	1	1	4	3	4	4	16	
3	JS	74	305	1	2	20	1.5	2.5	0	Ca	7	3	1.5	3	1	3	4	2	3	13	
4																					
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					

Comentarios :	
Ubicación de Celda en Campo:	Control Estructural: Moderado

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76*					Jr (Q de Barton)					
Continuidad (m)	> 1	5 1 - 3	4 3 - 10	3 10 - 20	1 > 20	0	Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)			
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1	3 1 - 5	1 > 5	0	Estructuras sin continuidad 4			
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso	3 Suave	1 Pulido/Estrado	0	Rugoso e irregular u ordenado 3			
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5	3 Blando < 5	2 Blando > 5	0	Liso y ondulado 2			
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente	3 Muy Alterada	1 Descompuesta	0	Estrizada y ondulado 1.5			

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripcion	UCS (Mpa.)	Valor
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	
R0.5			Mezcla de Panizo y Brecha
R1	Roca muy debil	1 - 5	3 1
R1.5			Se desmorona con un golpe
R2	Roca debil	5 - 25	15 2
R2.5			Se indenta superficialmente la punta del martillo
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5 4
R3.5			1 golpe se fractura
R4	Roca fuerte	50 - 100	75 7
R4.5			2 golpes se fractura
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175 13
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	>250 15
			Solo se astilla

Ja (Q de Barton)		
Tipo	Descripcion	Grado
Planos	Contacto entre los planos	
	Sellado	0.75
	Planos malterados o con patinas locales	1
	Planos ligeramente alterados sin arcilla	2
	Planos con pequeñas fracciones de arcillas (no blandas)	3
Rellenos	Planos recubiertos de arcillas blandas o pequeñas cantidades de arcillas expansivas (hasta 2mm.)	4
	Contacto entre los planos antes de un desplazamiento por corte de 10cm.	
	Relleno no arcilloso (hasta 5 mm.)	4 - 6
	Relleno arcilloso duro o blando (inferior a 5mm.)	6 - 8
Fallas	Rellenos de arcillas expansivas (hasta 5 mm.)	8 - 12
	Sin contacto entre los planos	
	Fallas con relleno de roca desintegrada y pocas arcillas	6 - 8
	Fallas con rellenos arcilloso duro o blando (dependiendo de la cantidad de perlas expansivas) y de la exposición al agua	8 - 12
	Fallas gruesas mayormente con relleno arcilloso expansivo	12 - 20

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)																		
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO										VALORACION							
RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1	13					
RQD %	X	90-100	(20)	75-90	(17)	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	18					
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	X	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	20					
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.		(25)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura		(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda		(12)	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades		(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades		(0)	4	15
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco				(10)	Solo Humedo		(7)	Ligera presión de agua		(4)	Serios problemas de agua		(0)	5	10	
ROCK MASS RATING '76												76						
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO						BUENA												
RMR			0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100							
IDENTIFICACION EN EL PLANO						76												
CALIDAD GEOTECNICA						MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA				
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA						Estructura del Macizo Rocoso		B+		Condición de las Discontinuidades		B+		GSI 70-80				

*FF Macizo Rocoso: 2 *Jv: 8 RQD: 90 % Blocksize: 0.7 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di		FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA	
	E: 549181.77	E: 549174.51	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Fresh		PROYECTO :					
	N: 63900.90	N: 63887.77	66	113	UCS / σ_t :	218.13	20.56	CELDA:	3265	NO	5		6

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor		
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA								
1	JS	42	078	3	1	>20	0.35	0.45	0	Ca	5	4.5	1	1	0	3	1	4	4	12
2	JS	65	292	2	2	>20	0.6	1	0	Ar	7	3	1.5	3	0	2	3	2	3	10
3	JS	45	096	3	1	12	0.35	0.4	2	Ca	7	4.5	1.5	1	2	3	3	4	4	16
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios :

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Debil

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'					
Continuidad (m)	> 1	5 1 - 3	4 3 - 10	3 10 - 20	1 > 20
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1	3 1 - 5	1 > 5
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso	3 Suave	1 Pulido/Estruido
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5	3 Blando < 5	2 Blando > 5
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente	3 Muy Alterada	1 Descompuesta

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripcion	UCS (Mpa.)	Valor
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	
R0.5			Mezcla de Panizo y Brecha
R1	Roca muy debil	1 - 5	3 1
R1.5			Se desmorona con un golpe
R2	Roca debil	5 - 25	15 2
R2.5			Se indenta superficialmente la punta del martillo
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5 4
R3.5			1 golpe se fractura
R4	Roca fuerte	50 - 100	75 6
R4.5			2 golpes se fractura
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175 13
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	250 15
			Solo se astilla

Jr (Q de Barton)	
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)	Grado
Estructuras sin continuidad	4
Rugoso e irregular u ordenado	3
Liso y ondulado	2
estriada y ondulado	1.5
Rugoso y planar	1.5
Liso y planar	1
Estríada y planar	0.5
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento	Grado
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies	1

Espac. FF/m Valor		Alteraciones		ROD		TIPO DE RELLENO	
> 3	0	G/A	Yeso / Anhidrita	%	Jv	Valor	Calcita
2.5	0	Arg	Argilización	0	35	3	Clorita
2	1	Prop	Propilización	10	32	4	Detritus
1.5	1	Sil	Silicificación	20	29	5	Yeso
1	1	Fil	Filica	30	26	6	Anhidrita
0.5	2	E	Estructuras	40	23	8	Feldespato
0.3	3	J	Junta Simple	50	20	10	Panizo
0.25	4	JS	Set de Juntas	60	17	12	Brecha
0.2	5	F	Falla	70	14	14	Aire
0.15	7	CT	Contacto	80	11	16	Arquilla
0.1	10	Dk	Dique	90	8	18	Limo
0.05	20			100	5	20	Mineral

Control Estructural	
No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que influyan la estabilidad del banco	Ninguno
Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.	Debil
Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuidades, del tipo cuña, planos escalonados que influyen en el sobrequebre.	Moderado
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebre. Banco mas empinado que los mecanismos.	Fuerte
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebra al angulo aparente del mecanismo de control.	Muy Fuerte

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)															
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO											VALORACION			
RESISTENCIA (MPa)	X	>200	(15)	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1	14		
RQD %		90-100	(20)	X	75-90	(17)	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	17	
ESPACIAMIENTO (m)		> 3	(30)		1 - 3	(25)	X	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	19
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76		Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.	(25)		Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca dura	(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda	(12)	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades	(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	4	13
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco			(10)	Solo Humedo		(7)	Ligera presión de agua	(4)	Serios problemas de agua	(0)	5	10	
ROCK MASS RATING '76													73		
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO													BUENA		
RMR				0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100			
IDENTIFICACION EN EL PLANO													73		
CALIDAD GEOTECNICA				MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA			
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA				Estructura del Macizo Rocoso		B+		Condición de las Discontinuidades		B-		GSI		65-75	

*FF Macizo Rocoso: 3 *Jv: 10 RQD: 85 % Blocksize: 0.45 m2



CLASIFICACIÓN BIENIAWSKI

Nivel 3325

MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Qq	FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA
	E: 550786.83	E: 550774.93	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	PROYECTO :					
	N: 64562.79	N: 64571.92	67	155	UCS 3 (Mpa):	120.84	CELDA:	3325	N	5	

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)					Valor			
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion				
1	JS	34	195	15	2	5	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	2	4	3	4	4	4	4	19
2	JS	82	104	30	2	3	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	2	4	3	4	4	4	4	19
3	JS	43	105	8	3	4	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	3	4	3	4	4	4	4	19
4	JS	53	195	10	3	5	0.25	0.3	1	Cal	9	2.5	1.5	3	4	3	4	4	4	4	19
5	JS	74	048	15	2	5	0.25	0.3	1	Cal	9	2.5	1.5	3	4	3	4	4	4	4	19
6	F	60	065	1	500	>20	-	-	0	Pz	1	0.5	0.5	10	-	-	-	-	-	-	0
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					

Comentarios : Estructuras que buzan a favor del talud, discontinuidades persistentes.

presencia de falla

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'			
Continuidad (m)	> 1	5 1 - 3	4 3 - 10
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripcion	UCS (Mpa.)	Martillo
RO	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	Mezcla de Panizo y Brecha
R1	Roca muy debil	1 - 5	Se desmorona con un golpe
R1.5		5 - 15	
R2	Roca debil	5 - 25	Se fractura en muchos pedazos con un golpe
R2.5		25 - 37.5	
R3	Roca medianamente fuerte	37.5 - 50	1 golpe se fractura
R3.5		50 - 75	2 golpes se fractura
R4	Roca fuerte	75 - 100	3 golpes se fractura
R4.5		100 - 125	4 golpes se fractura
R5	Roca muy fuerte	125 - 175	Muchos golpes para fracturar
R6	Roca extremadamente fuerte	> 175	Solo se astilla

Ja (Q de Barton)		
Tipo	Descripcion	Grado
Planos	Contacto entre los planos	0.75
	Planos malterados o con patinas locales	1
	Planos ligeramente alterados sin arcilla	2
	Planos con pequeñas fracciones de arcillas (no blandas)	3
Rellenos	Contacto entre los planos antes de un desplazamiento por corte de 10cm.	4
	Relleno no arcilloso (hasta 5 mm.)	4 - 6
	Relleno arcilloso duro a blando (inferior a 5mm.)	6 - 8
Fallas	Rellenos de arcillas expansivas (hasta 5 mm.)	8 - 12
	Sin contacto entre los planos	6 - 8
	Fallas con relleno de roca desintegrada y poca arcilla	8 - 12
	Fallas con rellenos arcilloso duro a blando (desplazamiento de la cantidad de arcillas expansivos y de la exposición al agua)	12 - 20

Jr (Q de Barton)			
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)			Grado
Estructuras sin continuidad			4
Rugoso e Irregular u ordenado			3
Liso y ondulado			2
estriada y ondulado			1.5
Rugoso y planar			1.5
Liso y planar			1
Estriada y planar			0.5
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento			Grado
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies			1

Espac. FF/m		Valor		Alteraciones		RQD		Tipo de Relleno	
3	0	30	30	G/A	Yeso / Anhidrita	%	Jv	Valor	Pz
2.5	0	29	30	Arg	Argilizacion	0	35	3	Br
2	1	28	30	Prop	Propilizacion	10	32	4	Arc
1.5	1	26	30	Sil	Silicificacion	20	29	5	Ox
1	1	24	30	Fil	Filica	30	26	6	Tum
0.5	2	19	30	Estructuras		40	23	8	Qz
0.3	3	16	30	J	Junta Simple	50	20	10	Yeso
0.25	4	15	30	JS	Set de Juntas	60	17	12	An
0.2	5	14	30	F	Falla	70	14	14	Ca
0.15	7	12	30	CT	Contacto	80	11	16	S
0.1	10	9	30	Dk	Dique	90	8	18	Sulfuros (Py, Cpy)
0.05	20	5	30			100	5	20	

Control Estructural	
No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que influyan la estabilidad del banco	Ninguno
Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientacion favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.	Debil
Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuidades, del tipo cuña, planos escalonados que influyen en el sobrequebraje.	Moderado
Las discontinuidades estan bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebraje. Banco mas empinado que los mecanismos.	Fuerte
Las discontinuidades estan bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebraja al angulo aparente del mecanismo de control.	Muy Fuerte

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)																	
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO									VALORACION							
RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1	10				
RQD %	90-100	(20)	X	75-90	(17)	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	15				
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	0.30 - 1	(20)	X	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	10				
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.		(25)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura		(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda		(12)	Superficies pulidad o con relleno <5mm. Apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades		(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	4	16
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco					(10)	Solo Humedo		(7)	Ligera presión de agua		(4)	Serios problemas de agua	(0)	5	10
ROCK MASS RATING '76											61						
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO											BUENA						
RMR			0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100						
IDENTIFICACION EN EL PLANO											61						
CALIDAD GEOTECNICA			MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA						
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA			Estructura del Macizo Rocoso		MB+		Condición de las Discontinuidades		B+		GSI		60-70				



*FF Macizo Rocoso: 5 *Jv: 17 RQD: 60 % Blocksize: 0.2 m2

MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :	Bx-Qs	FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA
	E: 550276.96	E: 550290.97	DIP	DIP DIR			ALTERACION:		PROYECTO :				
	N: 64526.2	N: 64531.58	66	167			UCS 3 (Mpa):	182.28	CELDA:	3325	N	5	

ID	Tipo de Estructura		Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)					
	JRC	JCS									JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor		
1	JS	59	070	30	2	8	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	2	3	3	3	3	4	16
2	JS	25	230	10	3	2	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	2	3	3	3	3	4	16
3	JS	84	103	3	2	1	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	3	3	3	3	3	4	16
4	JS	82	037	10	2	4	0.25	0.3	1	Cal	9	2.5	1.5	3	3	3	3	3	4	16
5	JS	9	193	6	2	3	0.25	0.3	1	Cal	9	2.5	1.5	3	3	3	3	3	4	16
6	F	60	065	1	500	>20	-	-	0	Pz	1	0.5	0.5	10	-	-	-	-	-	0
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios : Estructuras que buzan a favor del talud, discontinuidades persistentes.

Macizo de bloques menores	
Ubicación de Celda en Campo:	Control Estructural: Moderado

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'					
Continuidad (m)	> 1	5 1 - 3	4 3 - 10	3 10 - 20	1 > 20
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1	3 1 - 5	1 > 5
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso	3 Suave	1 Pulido/Estriado
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5	3 Blando < 5	2 Blando > 5
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente	3 Muy Alterada	1 Descompuesta

Jr (Q de Barton)	
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)	Grado
Estructuras sin continuidad	4
Rugoso e irregular u ordenado	3
Liso y ondulado	2
estriada y ondulado	1.5
Rugoso y planar	1.5
Liso y planar	1
Estriada y planar	0.5
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento	Grado
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies	1

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripción	UCS (Mpa.)	Valor
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	
R1	Roca muy debil	1 - 5	3
R1.5			5
R2	Roca debil	5 - 25	15
R2.5			25
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5
R3.5			50
R4	Roca fuerte	50 - 100	75
R4.5			100
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	250

Ja (Q de Barton)	
Tipo	Grado
Sellado	0.75
Planos	1
Planos ligeramente alterados sin arcilla	2
Planos con pequeñas fracciones de arcillas (no blandas)	3
Planos recubiertos de arcillas blandas o pequeñas cantidades de arcillas expansivas (hasta 2mm.)	4
Planos con contacto entre los planos antes de un desplazamiento por corte de 10cm.	4
Relleno	4 - 6
Relleno no arcilloso (hasta 5 mm.)	6 - 8
Relleno arcilloso duro a blando (inferior a 5mm.)	8 - 12
Rellenos de arcillas expansivas (hasta 5 mm.)	8 - 12
Fallas	6 - 8
Fallas con relleno de roca desintegrada y pocas arcillas	8 - 12
Fallas con rellenos arcillosos duros a blandos (dependiendo de la cantidad de arcillas expansivas y de la exposición al agua)	12 - 20
Fallas gruesas mayormente con relleno arcilloso expansivo	12 - 20

Control Estructural	
No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que influyan la estabilidad del banco	Ninguno
Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.	Debil
Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuas, del tipo cuña, planos escalonados que influyen en el sobrequebre.	Moderado
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebre. Banco más empinado que los mecanismos.	Fuerte
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebra al ángulo aparente del mecanismo de control.	Muy Fuerte

Espec. FF/m Valor		Alteraciones		RQD		Tipo de Relleno	
>3	0 30	G/A	Yeso / Anhidrita	%	Jv	Valor	Pz
2.5	0 29	Arg	Argilización	0	35	3	Br
2	1 28	Prop	Propilización	10	32	4	Arc
1.5	1 26	Sil	Silicificación	20	29	5	Ox
1	1 24	Fil	Filica	30	26	6	Tum
0.5	2 19			40	23	8	Qz
0.3	3 16			50	20	10	Yeso
0.25	4 15	J	Junta Simple	60	17	12	An
0.2	5 14	JS	Set de Juntas	70	14	14	Ca
0.15	7 12	F	Falla	80	11	16	S
0.1	10 9	CT	Contacto	90	8	18	
0.05	20 5	Dk	Dique	100	5	20	

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)															
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO													VALORACION	
	RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1		12
RQD %	90-100	(20)		75-90	(17)	X	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	9	
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)		0.30 - 1	(20)	X	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	10
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.	(25)		Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura	(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda	(12)	Superficies pulidad o con relleno <5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	4	13	
AGUA SUBTERRANEA	X			Totalmente Seco	(10)		Solo Humedo	(7)	Ligera presión de agua	(4)	Serios problemas de agua	(0)	5	10	
ROCK MASS RATING '76														54	
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO														REGULAR	
RMR	0 - 20			21 - 40			41 - 60			61 - 80			81 - 100		
IDENTIFICACION EN EL PLANO														54	
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA			MALA			REGULAR			BUENA			MUY BUENA		
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA	Estructura del Macizo Rocoso			MB-			Condición de las Discontinuidades			B-			GSI		
FF Macizo Rocoso:	5	*Jv :	17	RQD:	60	%	Blocksiz:	0.2	m2						



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DA	FUENTE: SPCC			SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA
	E: 550558.59	E: 550544.88	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	PROYECTO :				
	N: 64583.32	N: 64589.40	76	160	UCS 3 (Mpa):	128.20	CELDA:	3325	N	

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras		Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)							
	Dip	Dip Dir								JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor		
1	JS	71	235	5	1	20	0.2	0.3	1	Arc	9	2.5	1.5	2	1	3	3	2	3	3	12
2	JS	48	245	5	2	15	0.2	0.3	1	Arc	9	2.5	1.5	2	1	3	3	2	3	3	12
3	JS	8	115	4	2	10	0.25	0.3	1	Arc	9	2.5	1.5	3	1	3	3	2	3	3	12
4	JS	77	135	3	2	15	0.30	0.4	1	Arc	9	2.5	1.5	3	1	3	3	2	3	3	12
5	F	30	075	1	80	>20	-	-	0	Pz	1	0.5	0.5	10	-	-	-	-	-	-	0
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					

Comentarios : Presencia parcial de humedad en la pared del talud de la celda

presencia de oxidos puntual en la parte de la cresta

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76

Continuidad (m)	> 1	5 1 - 3	4 3 - 10	3 10 - 20	1 > 20	0
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1	3 1 - 5	1 > 5	0
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso	3 Suave	1 Pulido/Estrido	0
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5	3 Blando < 5	2 Blando > 5	0
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente	3 Muy Alterada	1 Descompuesta	0

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO

Grado	Descripcion	UCS (Mpa.)	Valor	Martillo
RO	Roca extremadamente debil	0.25 - 1		Mezcla de Panizo y Brecha
R1	Roca muy debil	1 - 5	3 1	Se desmorona con un golpe
R1.5			5 1	
R2	Roca debil	5 - 25	15 2	Se indenta superficialmente la punta del martillo
R2.5			25 3	Se fractura en muchos pedazos con un golpe
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5 4	1 golpe se fractura
R3.5			50 6	2 golpes se fractura
R4	Roca fuerte	50 - 100	75 7	3 golpes se fractura
R4.5			100 9	4 golpes se fractura
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175 13	Muchos golpes para fracturar
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	>250 15	Solo se astilla

Ja (Q de Barton)

Tipo	Descripcion	Grado
Planos	Contacto entre los planos	0.75
	Sellado	1
	Planos malterados o con patinas locales	2
	Planos ligeramente alterados sin arcilla	3
Rellenos	Contacto entre los planos antes de un desplazamiento por corte de 10cm.	4
	Relleno no arcilloso (hasta 5 mm.)	4 - 6
	Rellenos de arcillas expansivas (hasta 5 mm.)	6 - 8
Fallas	sin contacto entre los planos	6 - 8
	Fallas con relleno de roca desintegrada y poca arcilla	8 - 12
	Fallas con rellenos arcillosos duros a blandos (desplazamiento de la cantidad de arcillas expuestas y de la exposición al agua)	12 - 20

Jr (Q de Barton)

Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)		Grado
Estructuras sin continuidad		4
Rugoso e Irregular u ordenado		3
Liso y ondulado		2
estriada y ondulado		1.5
Rugoso y planar		1.5
Liso y planar		1
Estriada y planar		0.5
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento		Grado
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies		1

Espac.	FF/m	Valor	Alteraciones		RQD		Tipo de Relleno	
-3	0	30	G/A	Yeso / Anhídrita	%	Jv	Valor	Pz
2.5	0	29	Arg	Argilización	0	35	3	Br
2	1	28	Prop	Propilización	10	32	4	Arc
1.5	1	26	Sil	Silicificación	20	29	5	Ox
1	1	24	Fil	Filica	30	26	6	Tum
0.5	2	19	Estructuras		40	23	8	Qz
0.3	3	16	J	Junta Simple	50	20	10	Yeso
0.25	4	15	JS	Set de Juntas	60	17	12	An
0.2	5	14	F	Falla	70	14	14	Ca
0.15	7	12	CT	Contacto	80	11	16	S
0.1	10	9	Dk	Dique	90	8	18	Sulfuros (Py, Cpy)
0.05	20	5			100	5	20	

Control Estructural

No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que influyan la estabilidad del banco	Ninguno
Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.	Debil
Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuidades, del tipo cuña, planos escalonados que influyen en el sobrequebraje.	Moderado
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebraje. Banco mas empinado que los mecanismos.	Fuerte
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebraja al angulo aparente del mecanismo de control.	Muy Fuerte

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)

PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO										VALORACION						
RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1	12				
RQD %	90-100	(20)	X	75-90	(17)	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	17				
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)	X	1 - 3	(25)	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	21				
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.	(25)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura	(20)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda	(12)	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades	(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	4	10				
AGUA SUBTERRANEA	Totalmente Seco						(10)	X	Solo Humedo	(7)	Ligera presión de agua	(4)	Serios problemas de agua	(0)	5	7	
ROCK MASS RATING '76													67				
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO													BUENA				
RMR			0 - 20			21 - 40			41 - 60			61 - 80			81 - 100		
IDENTIFICACION EN EL PLANO													67				
CALIDAD GEOTECNICA			MUY MALA			MALA			REGULAR			BUENA			MUY BUENA		
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA			Estructura del Macizo Rocoso			MB+			Condición de las Discontinuidades			B+			GSI 60-70		

*FF Macizo Rocoso: 2 *Jv : 12 RQD: 78 % Blocksize: 0.3 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :	Px / Bx-T	FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA
	E: 550473.18	E: 550486.87	DIP	DIP DIR				ALTERACION:					
	N: 64631.96	N: 64625.83	70	207				UCS 3 (Mpa):	54.75	CELDA:	3325	N	

ID	Tipo de Estructura										Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)									
	Tipo	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor
1	JS	31	156	3	1	>15	0.4	0.5	0	Ox	7	2.5	1.5	2	1	3	3	2	1	10
2	JS	57	287	3	1	15	0.35	0.4	0	Ox	7	2.5	1.5	2	2	3	3	2	3	13
3	JS	86	220	4	2	10	0.3	0.35	1	Arc	5	2	1	3	3	2	1	2	1	9
4	F	74	056	1	30	>20	-	-	0	Pz	3	0.5	1	10	-	-	-	-	-	0
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios : Macizo Rocoso de Regular Calidad Geotecnica, meteorizado, oxidado, con 4 fracturas por metro resistencia de la roca de 25-50 Mpa (R3), con presencia de rellenos blandos de oxidos y arcillas.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Debil

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'					
Continuidad (m)	> 1	5 1 - 3	4 3 - 10	3 10 - 20	1 > 20
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1	3 1 - 5	1 > 5
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso	3 Suave	1 Pulido/Estrizado
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5	3 Blando < 5	2 Blando > 5
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente	3 Muy Alterada	1 Descompuesta

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO				
Grado	Descripción	UCS (Mpa.)	Valor	Martillo
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1		Mezcla de Panizo y Brecha
R1	Roca muy debil	1 - 5	3 1	Se desmorona con un golpe
R1.5			5 1	
R2	Roca debil	5 - 25	15 2	Se indenta superficialmente la punta del martillo
R2.5			25 3	Se fractura en muchos pedazos con un golpe
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5 4	1 golpe se fractura
R3.5			50 6	2 golpes se fractura
R4	Roca fuerte	75 - 100	75 7	3 golpes se fractura
R4.5			100 9	4 golpes se fractura
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175 13	Muchos golpes para fracturar
R6	Roca extremadamente fuerte	>250	>250 15	Solo se astilla

Jr (Q de Barton)				
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)				
Estructuras sin continuidad				4
Rugoso e irregular u ordenado				3
Liso y ondulado				2
estriada y ondulado				1.5
Rugoso y planar				1.5
Liso y planar				1
Estrizada y planar				0.5

Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento				
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies				
				1

Control Estructural				
Grado	Descripción	Grado	Descripción	Grado
4	No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que infuyan la estabilidad del banco		Ninguno	
6	Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.		Debil	
8	Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuidades, del tipo cuña, planos escalonados que infuyen en el sobrequebre.		Moderado	
10	Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebre. Banco más empinado que los mecanismos.		Fuerte	
12	Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebra al ángulo aparente del mecanismo de control.		Muy Fuerte	

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)														
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO											VALORACION		
RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	100-200	(12)	50-100	(7)	X	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1	4	
RQD %	90-100	(20)	75-90	(17)	50-75	(13)	X	25-50	(8)	<25	(3)	2	11	
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)	1 - 3	(25)	X	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	16	
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.	(25)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura	(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda	(12)	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades	(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	4	9	
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco			(10)	Solo Humedo		(7)	Ligera presión de agua	(4)	Serios problemas de agua	(0)	5	10
ROCK MASS RATING '76												50		
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO						REGULAR								
RMR			0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100			
IDENTIFICACION EN EL PLANO						50								
CALIDAD GEOTECNICA			MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA			
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA			Estructura del Macizo Rocoso		MB-		Condición de las Discontinuidades		R+		GSI		45-55	

*FF Macizo Rocoso: 4 *Jv : 18 RQD: 55 % Blocksize: 0.35 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

 SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :	Bx	FUENTE: SPCC					SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA
	E:	550386.3	E:	550398.2	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Qs	PROYECTO :					
	N:	64669.27	N:	64660.14	70	208	UCS 3 (Mpa):	179.05	CELDA:	3325	N	5	5	

ID	Tipo de Estructura										Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)									
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor		
1	JS	33	206	2	1	>15	0.5	0.6	0	Li	9	3	3	1	1	3	4	4	4	16
2	JS	65	043	2	3	>20	0.7	1	0	Arc	9	3	3	3	0	1	4	2	1	8
3	F	71	098	1	30	>15	-	-	0	Pz	3	0.5	1	10	-	-	-	-	0	
4	JS	37	095	2	1	6	0.4	0.6	2	Li	7	3	2	1	3	3	3	4	4	17
5	J	65	063	1	2	>15	-	-	0	Arc	7	3	1.5	3	1	2	3	2	3	11
6	J	45	198	1	2	15	-	-	2	Arc	7	3	1.5	3	2	2	3	2	3	12
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios : Macizo Rocosos de Buena Calidad Geotecnica, ligeramente meteorizado y fracturado, con 2 fracturas por metro resistencia de la roca de 100-200 Mpa (R5), con presencia de rellenos de limos y arcillas.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado - Debil

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76					
Continuidad (m)	> 1	5	1 - 3	4	3 - 10
Abertura (mm)	Ninguna	5	< 0.1	4	0.1 - 1
Rugosidad	Muy Rugoso	5	Rugoso	4	Algo Rugoso
Relleno (mm)	Ninguno	5	Duro < 5	4	Duro > 5
Meteorización	Ninguna	5	Ligeramente	4	Moderadamente

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripción	UCS (Mpa.)	Valor
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	
R1	Roca muy debil	1 - 5	3
R1.5			5
R2	Roca debil	5 - 25	15
R2.5			25
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5
R3.5			50
R4	Roca fuerte	50 - 100	75
R4.5			100
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	250

Jr (Q de Barton)			
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)			
Estructuras sin continuidad			4
Rugoso e irregular u ordenado			3
Liso y ondulado			2
estriada y ondulado			1.5
Rugoso y planar			1.5
Liso y planar			1
Estriada y planar			0.5
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento			
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies			
			1

Espac.		FF/m	Valor	Alteraciones			RQD			Tipo de Relleno	
>3	0	30	G/A	Yeso / Anhidrita	%	Jv	Valor	Pz	Panizo		
2.5	0	29	Arg	Argilizacion	0	35	3	Br	Bricha de Roca		
2	1	28	Prop	Propilizacion	10	32	4	Arc	Arcillas		
1.5	1	26	Sil	Silicificacion	20	29	5	Ox	Oxidos (Hm.Lm.Jr)		
1	1	24	Fil	Filica	30	26	6	Tum	Tumalina		
0.5	2	19			40	23	8	Qz	Cuarzo		
0.3	3	16			50	20	10	Js	Yeso		
0.25	4	15	J	Junta Simple	60	17	12	An	Anhidrita		
0.2	5	14	JS	Set de Juntas	70	14	14	Ca	Calcita		
0.15	7	12	F	Falla	80	11	16	S	Sulfuros (Py, Cpy)		
0.1	10	9	CT	Contacto	90	8	18				
0.05	20	5	Dk	Dique	100	5	20				

Control Estructural		
No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que infuyan la estabilidad del banco		Ninguno
Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.		Debil
Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuas, del tipo cuña, planos escalonados que infuyen en el sobrequebre.		Moderado
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebre. Banco más empinado que los mecanismos.		Fuerte
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebra al ángulo aparente del mecanismo de control.		Muy Fuerte

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)																				
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO											VALORACION								
	RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)		(2)	1	9					
RQD %	90-100	(20)	X	75-90	(17)	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	18							
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	X	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	19							
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.		(25)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura		(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda		(12)	Superficies pulidas o con relleno <5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades		(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades		(0)	4	11		
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco			(10)	Solo Humedo			(7)	Ligera presión de agua		(4)	Serios problemas de agua		(0)	5	10			
ROCK MASS RATING 76													67							
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO													BUENA							
RMR			0 - 20			21 - 40			41 - 60			61 - 80			81 - 100					
IDENTIFICACION EN EL PLANO													67							
CALIDAD GEOTECNICA			MUY MALA			MALA			REGULAR			BUENA			MUY BUENA					
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA			Estructura del Macizo Rocosos			B-			Condición de las Discontinuidades			R+			GSI			55-65		

*FF Macizo Rocosos: 2 *Jv: 8 RQD: 90 % Blocksize: 0.5 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :	Qq	FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA	
	E: 550305.65	E: 550320.36	DIP	DIP DIR			ALTERACION:		PROYECTO :	3310				
	N: 64703.63	N: 64700.72	68	185			UCS 3 (Mpa):	194.53	CELDA:	3325	N	5		6

ID	Tipo de Estructura										Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)									
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor	
	57	222	1	2	12	-	-	1	Ai	9	4	1.5	1	2	2	4	4	4	16	
1	J	57	222	1	2	12	-	-	1	Ai	9	4	1.5	1	2	2	4	4	4	16
2	JS	59	008	3	1	15	0.3	0.5	1	Ca	7	3.5	1.5	2	2	3	3	4	3	15
3	JS	37	205	4	1	>15	0.25	0.3	0	Ai	3	3.5	1	1	1	3	1	4	4	13
4	JS	35	266	3	1	15	0.4	0.5	0	De	5	3.5	1	2	2	3	1	4	3	13
5	F	38	062	1	30	>15	-	-	0	Pz	5	0.5	1	10	-	-	-	-	-	0
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios : Macizo Rocoso de Regular Calidad Geotecnica, ligeramente meteorizado, fracturado, con 4 a 5 fracturas por metro resistencia de la roca de 100 - 200 Mpa (R5), con presencia de rellenos duros de calcita.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado - Debil

CONDICION DE LAS JUNTAS JC '76'						
Continuidad (m)	> 1	5 1 - 3	4 3 - 10	3 10 - 20	1 > 20	0
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1	3 1 - 5	1 > 5	0
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso	3 Suave	1 Pulido/Estruido	0
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5	3 Blando < 5	2 Blando > 5	0
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente	3 Muy Alterada	1 Descompuesta	0

Jr (Q de Barton)	
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)	Grado
Estructuras sin continuidad	4
Rugoso e irregular u ordenado	3
Liso y ondulado	2
estriada y ondulado	1.5
Rugoso y planar	1.5
Liso y planar	1
Estríada y planar	0.5
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento	Grado
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies	1

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO		
Grado	Descripción	Martillo
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1
R1	Roca muy debil	1 - 5
R2	Roca debil	5 - 25
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50
R4	Roca fuerte	50 - 100
R5	Roca muy fuerte	100 - 250
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250

Ja (Q de Barton)	
Tipo	Grado
Sellado	0.75
Planos inalterados o con patinas locales	1
Planos ligeramente alterados sin arcilla	2
Planos con pequeñas fracciones de arcillas (no blandas)	3
Planos recubiertos de arcillas blandas o pequeñas cantidades de arcillas expansivas (hasta 2mm.)	4
Relleno	4 - 6
Fallas	6 - 8
	8 - 12
	6 - 8
	8 - 12
	12 - 20

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)														
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO										VALORACION			
	RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)		<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1
RQD %	90-100	(20)		75-90	(17)	X	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	10
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	X	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	15
CONDICION DE LAS JUNTAS JC '76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.	(25)		Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura	(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda	(12)	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades	(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	4	12
AGUA SUBTERRANEA	X			Totalmente Seco	(10)		Solo Humedo	(7)	Ligera presión de agua	(4)	Serios problemas de agua	(0)	5	10
ROCK MASS RATING '76												57		
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO						REGULAR								
RMR		0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100				
IDENTIFICACION EN EL PLANO						57								
CALIDAD GEOTECNICA		MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA				
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA		Estructura del Macizo Rocoso		MB-		Condición de las Discontinuidades		B-		GSI		50-60		

*FF Macizo Rocoso: 4 *Jv: 19 RQD: 55 % Blocksize: 0.25 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

 SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :	Di	FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA	
	E: 549749.66	E: 549763.02	DIP	DIP DIR			ALTERACION:	Prop	PROYECTO :					
	N: 64550.27	N: 64557.08	67	153			UCS 3 (Mpa):	120.51	CELDA:	3325	NO	5		11

ID	Tipo de Estructura				Abertura / Espesor (mm)				Espaciamiento (m)				N de Extremos Visibles				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)				
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Continuidad (m)	Continuidad (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor			
1	JS	83	201	2	1	15	0.5	0.9	0	Ai	5	4	1	1	1	3	1	4	4	13	
2	JS	32	137	2	1	>20	0.5	1.2	0	Ai	5	3.5	1	2	0	3	1	4	4	12	
3	J	59	352	1	3	>20	-	-	0	Arc	7	3	1.5	3	0	1	3	2	1	7	
4	JS	80	104	1	<1	8	1.0	1.5	2	Ai	7	4	1.5	1	3	3	3	4	4	17	
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					

Comentarios : Macizo Rocoso de Buena Calidad Geotecnica, ligeramente fracturado con 2 fracturas por metro

resistencia de la roca de 50-100 Mpa (R4), con presencia de rellenos duros o sin relleno.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Debil

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76						
Continuidad (m)	> 1	5 1 - 3	4 3 - 10	3 10 - 20	1 > 20	0
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1	3 1 - 5	1 > 5	0
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso	3 Suave	1 Pulido/Estruido	0
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5	3 Blando < 5	2 Blando > 5	0
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente	3 Muy Alterada	1 Descompuesta	0

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO				
Grado	Descripción	UCS (Mpa.)	Valor	Martillo
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1		Mezcla de Panizo y Brecha
R1	Roca muy debil	1 - 5	3 1	Se desmorona con un golpe
R1.5			5 1	
R2	Roca debil	5 - 25	15 2	Se indenta superficialmente la punta del martillo
R2.5			25 3	Se fractura en muchos pedazos con un golpe
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5 4	1 golpe se fractura
R3.5			50 6	2 golpes se fractura
R4	Roca fuerte	50 - 100	75 7	3 golpes se fractura
R4.5			100 9	4 golpes se fractura
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175 13	Muchos golpes para fracturar
R6	Roca extremadamente fuerte	>250	>250 15	Solo se astilla

Jr (Q de Barton)				
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)				
				Grado
Estructuras sin continuidad				4
Rugoso e irregular u ordenado				3
Liso y ondulado				2
estriada y ondulado				1.5
Rugoso y planar				1.5
Liso y planar				1
Estriada y planar				0.5
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento				
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies				1

Control Estructural				
No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que influyan la estabilidad del banco				
Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.				
Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuidades, del tipo cuña, planos escalonados que influyen en el sobrequebre.				
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebre. Banco más empinado que los mecanismos.				
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebra al ángulo aparente del mecanismo de control.				

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)																			
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO												VALORACION						
	RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1	8					
RQD %	X	90-100	(20)	75-90	(17)	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	19						
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)	X	1 - 3	(25)	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	22						
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.		(25)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura		(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda		(12)	(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades		(0)	4	12			
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco			(10)	Solo Humedo			(7)	Ligera presión de agua		(4)	Serios problemas de agua		(0)	5	10		
ROCK MASS RATING '76													71						
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO													BUENA						
RMR			0 - 20			21 - 40			41 - 60			61 - 80			81 - 100				
IDENTIFICACION EN EL PLANO													71						
CALIDAD GEOTECNICA			MUY MALA			MALA			REGULAR			BUENA			MUY BUENA				
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA			Estructura del Macizo Rocoso			B+			Condición de las Discontinuidades			B-			GSI			65-75	

*FF Macizo Rocoso: 2 *Jv: 6 RQD: 95 % Blocksize: 0.8-1.0 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :		Di		FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA	
	E: 549660.87		E: 549672.92		DIP		DIP DIR		ALTERACION:		Prop		PROYECTO :		3340			
	N: 64496.73		N: 64505.65		70		146		UCS 3 (Mpa):		190.21		CELDA:		3325 NO 5 12			

ID	Tipo de Estructura				Abertura / Espesor (mm)				Espaciamiento (m)				N de Extremos Visibles				Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)				
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Continuidad (m)	Continuidad (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor		
1	JS	44	108	3	<1	15	0.35	0.5	0	Ai	5	4	1	1	1	3	1	4	5	14					
2	JS	86	110	1	>15	-	-	-	0	Arc	7	2	1.5	3	1	1	1	2	1	6					
3	JS	80	207	3	1	6	0.3	0.35	2	De	7	3	1.5	2	3	3	1	2	3	12					
4	JS	56	122	4	1	10	0.3	0.5	1	Arc	9	3	2	3	2	3	1	2	1	9					
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									

Comentarios : Macizo Rocoso de Regular Calidad Geotecnica, ligeramente meteorizado, fracturado con 4 fracturas por metro.

resistencia de la roca de 100-200 Mpa (R4.5), con presencia de rellenos de arcillas.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado

Continuidad (m)	> 1	1 - 3	4 - 10	3 - 10	10 - 20	1 - 20	0
Abertura (mm)	Ninguna	< 0.1	0.1 - 1	1 - 5	1 - 5	> 5	0
Rugosidad	Muy Rugoso	Rugoso	Algo Rugoso	Suave	Pulido/Estrizado		0
Relleno (mm)	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5	Blando > 5		0
Meteorización	Ninguna	Ligeramente	Moderadamente	Muy Alterada	Descompuesta		0

Grado	Descripción	UCS (Mpa.)	Valor	Martillo
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1		Mezcla de Panizo y Brecha
R1	Roca muy debil	1 - 5	3	Se desmorona con un golpe
R1.5			5	
R2	Roca debil	5 - 25	15	Se indenta superficialmente la punta del martillo
R2.5			25	Se fractura en muchos pedazos con un golpe
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5	4 golpes se fractura
R3.5			50	6 golpes se fractura
R4	Roca fuerte	50 - 100	75	7 golpes se fractura
R4.5			100	9 golpes se fractura
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175	Muchos golpes para fracturar
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	250	Solo se astilla

Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)		Grado
Estructuras sin continuidad		4
Rugoso e irregular u ordenado		3
Liso y ondulado		2
estriada y ondulado		1.5
Rugoso y planar		1.5
Liso y planar		1
Estríada y planar		0.5
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento		Grado
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies		1

Espac.		FF/m	Valor	Alteraciones		RQD		Tipo de Relleno	
>3	0	30	G/A	Yeso / Anhidrita	%	Jv	Valor	Pz	Panizo
2.5	0	29	Arg	Argilización	0	35	3	Br	Brecha de Roca
2	1	28	Prop	Propilización	10	32	4	Arc	Arcillas
1.5	1	26	Sil	Silicificación	20	29	5	Ox	Oxidos (Hm.Lm.Jr)
1	1	24	Fil	Filica	30	26	6	Tum	Tumalina
0.5	2	19			40	23	8	Qz	Cuarzo
0.3	3	16			50	20	10	Ys	Yeso
0.25	4	15	J	Junta Simple	60	17	12	An	Anhidrita
0.2	5	14	JS	Set de Juntas	70	14	14	Ca	Calicita
0.15	7	12	F	Falla	80	11	16	S	Sulfuros (Py, Cpy)
0.1	10	9	CT	Contacto	90	8	18		
0.05	20	5	Dk	Dique	100	5	20		

Control Estructural		Grado
No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que infuyan la estabilidad del banco		Ninguno
Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.		Debil
Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuidades, del tipo cuña, planos escalonados que infuyen en el sobrequebre.		Moderado
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebre. Banco más empinado que los mecanismos.		Fuerte
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebra al ángulo aparente del mecanismo de control.		Muy Fuerte

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)																							
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO											VALORACION											
RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	1	9										
RQD %	90-100	(20)		75-90	(17)	50-75	(13)	X	25-50	(8)	<25	(3)	2	9									
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	0.30 - 1	(20)	X	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	15									
CONDICION DE LAS JUNTAS JC '76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.	(25)		Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura	(20)	X		Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda	(12)		Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades	(6)		Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	4	10						
AGUA SUBTERRANEA	X			Totamente Seco	(10)			Solo Humedo	(7)		Ligera presión de agua	(4)		Serios problemas de agua	(0)	5	10						
ROCK MASS RATING '76												53											
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO						REGULAR																	
RMR			0 - 20			21 - 40			41 - 60			61 - 80			81 - 100								
IDENTIFICACION EN EL PLANO						53																	
CALIDAD GEOTECNICA			MUY MALA			MALA			REGULAR			BUENA			MUY BUENA								
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA						Estructura del Macizo Rocoso			MB+			Condición de las Discontinuidades			R-			GSI			45-55		

*FF Macizo Rocoso: 4 *Jv: 22 RQD: 45 % Blocksize: 0.25 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di		FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA		
	E:	549581.1	E:	549593.23	DIP	DIP DIR	ALTERACION:				PROYECTO :			
	N:	64443.77	N:	64452.59	65	144	UCS / σ_t :	109.17	10.29	CELDA:	3325		NO	5

ID	Tipo de Estructura				Abertura / Espesor (mm)				Espaciamiento				Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)				
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor			
1	JS	57	094	4	1	15	0.35	0.3	0	Ai	5	3	1	2	2	3	1	2	3	11	
2	JS	81	215	3	2	15	0.3	0.4	0	Arc	7	2.5	1.5	3	1	2	3	2	1	9	
3	JS	27	188	3	1	>20	0.4	0.5	0	Ai	7	3	1.5	1	0	3	3	2	3	11	
4	JS	25	180	3	2	>20	0.35	0.5	0	Arc	5	3	1	3	0	2	1	2	3	8	
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					

Comentarios : Macizo Rocosos de Regular Calidad Geotecnica, alterado y meteorizado, fracturado con 4 fracturas por metro resistencia de la roca de 25-50 Mpa (R3), con presencia de rellenos blando de arcillas.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76				
Continuidad (m) > 1	5	1 - 3	4	3 - 10
Abertura (mm) Ninguna	5	< 0.1	4	0.1 - 1
Rugosidad Muy Rugoso	5	Rugoso	4	Algo Rugoso
Relleno (mm) Ninguno	5	Duro < 5	4	Duro > 5
Meteorización Ninguna	5	Ligeramente	4	Moderadamente

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO				
Grado	Descripción	UCS (Mpa.)	Valor	Martillo
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1		Mezcla de Panizo y Brecha
R1	Roca muy debil	1 - 5	3	Se desmorona con un golpe
R1.5			5	
R2	Roca debil	5 - 25	15	Se indenta superficialmente la punta del martillo
R2.5			25	Se fractura en muchos pedazos con un golpe
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5	4 golpes se fractura
R3.5			50	6 golpes se fractura
R4	Roca fuerte	50 - 100	75	7 golpes se fractura
R4.5			100	9 golpes se fractura
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175	13 Muchos golpes para fracturar
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	>250	15 Solo se astilla

Jr (Q de Barton)				
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)				
Estructuras sin continuidad	Grado 4			
Rugoso e irregular u ordenado	3			
Liso y ondulado	2			
estriada y ondulado	1.5			
Rugoso y planar	1.5			
Liso y planar	1			
Estriada y planar	0.5			
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento				
Grado 1				
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies				

Espac. FF/m		Valor		Alteraciones		RQD		Tipo de Relleno	
>3	0	30	G/A	Yeso / Anhidrita	%	Jv	Valor	Pz	Panizo
2.5	0	29	Arg	Argilización	10	35	3	Br	Brecha de Roca
2	1	28	Prop	Propilización	10	32	4	Arc	Arcillas
1.5	1	26	Sil	Silicificación	20	29	5	Ox	Oxidos (Hm.Lm.Jr)
1	1	24	Fil	Filica	30	26	6	Tum	Tumalina
0.5	2	19	J	Junta Simple	40	23	8	Qz	Cuarzo
0.3	3	16	JS	Set de Juntas	60	17	12	Yes	Yeso
0.25	4	15	F	Falla	70	14	14	An	Anhidrita
0.2	5	14	CT	Contacto	80	11	16	Ca	Calcita
0.15	7	12	Dk	Dique	90	8	18	S	Sulfuros (Py, Cpy)
0.1	10	9			100	5	20		
0.05	20	5							

Ja (Q de Barton)		
Tipo	Description	Grado
Planos	Contacto entre los planos	0.75
	Sellado	1
	Planos inalterados o con patinas locales	2
	Planos ligeramente alterados sin arcilla	3
	Planos con pequeñas fracciones de arcillas (no blandas)	4
	Planos recubiertos de arcillas blandas o pequeñas cantidades de arcillas expansivas (hasta 2mm.)	5
	Contacto entre los planos antes de un desplazamiento por corte de 10cm.	6
Rellenos	Relleno no arcilloso (hasta 5 mm.)	4 - 6
	Relleno arcilloso duro a blando (inferior a 5mm.)	6 - 8
	Rellenos de arcillas expansivas (hasta 5 mm.)	8 - 12
Fallas	Sin contacto entre los planos	6 - 8
	Fallas con relleno de roca desintegrada y pocas arcillas	8 - 12
	Fallas con rellenos arcillosos duro a blando (desarrollando de la cantidad de arcillas expansivas y de la exposición al agua)	8 - 12
	Fallas gruesas mayormente con relleno arcilloso expansivo	12 - 20

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)													
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO												VALORACION
	RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	100-200	(12)	X	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)	
RQD %	90-100	(20)	75-90	(17)	X	50-75	(13)	25-50	(8)	<25	(3)	2	11
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)	1 - 3	(25)	X	0.30 - 1	(20)	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	15
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.	(25)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura	(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda	(12)	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades	(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	4	9
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco	(10)	Solo Humedo	(7)	Ligera presión de agua	(4)	Serios problemas de agua	(0)	5	10		
ROCK MASS RATING '76												52	
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO						REGULAR							
RMR			0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100		
IDENTIFICACION EN EL PLANO						52							
CALIDAD GEOTECNICA			MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA		
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA			Estructura del Macizo Rocosos		MB-		Condición de las Discontinuidades		R+		GSI 45-55		

*FF Macizo Rocosos: 4 *Jv: 18 RQD: 55 % Blocksiz: 0.3 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :		Di		FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA		
	E: 549472.73		E: 549483.61		DIP		DIP DIR		ALTERACION:		Prop		PROYECTO :		3310				
	N: 64359.74		N: 64370.07		63		141		UCS / σt:		68.62 6.47		CELDA:		3325			NO 5 14	

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras				Espaciamiento (m)				Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)					
	Dip	Dip Dir	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor		
1	JS	46	158	5	1	>15	0.15	0.2	0	Ca	5	3.5	1	1	1	3	1	4	3	12
2	JS	78	211	3	2	12	0.35	0.6	1	Arc	7	3	1.5	3	3	2	3	2	1	11
3	JS	66	306	4	1	>15	0.25	0.3	0	Ca	7	3.5	1.5	1	1	3	3	4	3	14
4	J	49	118	1	3	15	-	-	1	Ca	7	2	2	2	2	1	3	2	3	11
5	F	78	338	1	300	>20	-	-	0	Bf	3	0.5	0.5	20	-	-	-	-	-	0
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios : Macizo Rocoso de Mala Calidad Geotecnica, alterado, muy fracturado con 6 fracturas por metro

resistencia de la roca de 50 - 100 MPa, con presencia de rellenos de calcita.

- Falla de 30cm de espesor con relleno de brechas de falla y panizo

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Fuerte

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'						
Continuidad (m)	> 1	5 1 - 3	4 3 - 10	3 10 - 20	1 > 20	0
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1	3 1 - 5	1 > 5	0
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso	3 Suave	1 Pulido/Estrizado	0
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5	3 Blando < 5	2 Blando > 5	0
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente	3 Muy Alterada	1 Descompuesta	0

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripción	UCS (Mpa.)	Valor
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1	
R1	Roca muy debil	1 - 5	3
R1.5			5
R2	Roca debil	5 - 25	15
R2.5			25
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5
R3.5			50
R4	Roca fuerte	50 - 100	75
R4.5			100
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175
R6	Roca extremadamente fuerte	>250	250

Jr (Q de Barton)			
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)			
Estructuras sin continuidad	Rugoso e irregular u ordenado	Liso y ondulado	estriada y ondulado
4	3	2	1.5
3	2	1.5	1
2	1.5	1	0.5
1.5	1	0.5	
1	0.5		
0.5			
0			

Espac. FF/m		Valor		Alteraciones		RQD		TIPO DE RELLENO	
G/A	Arg	%	Jv	%	Jv	Valor	Clasificación	Clasificación	Clasificación
>3	0	30	0	Yeso / Anhidrita	0	35	3	Calcita	CA
2.5	0	29	10	Argilización	10	32	4	Clorita	KL
2	1	28	20	Propilización	20	29	5	Detritus	DE
1.5	1	26	30	Silificación	30	26	6	Yeso	YE
1	1	24	40	Filica	40	23	8	Anhidrita	AN
0.5	2	19	60	Estructuras	50	20	10	Feldespatos	FE
0.3	3	16	60	J Junta Simple	60	17	12	Panizo	PA
0.25	4	15	70	JS Set de Juntas	70	14	14	Brecha	BF
0.2	5	14	80	F Falla	80	11	16	Aire	AR
0.15	7	12	90	CT Contacto	90	8	18	Arcilla	AR
0.1	10	9	100	DK Dique	100	5	20	Limo	LI
0.05	20	5						Mineral	MI

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)														
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO												VALORACION	
	RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	100-200	(12)	X	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)		1
RQD %	90-100	(20)	75-90	(17)		50-75	(13)	X	25-50	(8)	<25	(3)	2	5
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)	1 - 3	(25)		0.30 - 1	(20)	X	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	12
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76'	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.	(25)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura	(20)		Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda	(12)	X	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades	(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades	(0)	4	8
AGUA SUBTERRANEA	X		Totamente Seco	(10)		Solo Humedo	(7)		Ligera presión de agua	(4)	Serios problemas de agua	(0)	5	10
ROCK MASS RATING '76														41
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO														REGULAR
RMR		0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100				
IDENTIFICACION EN EL PLANO														41
CALIDAD GEOTECNICA		MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA				
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA		Estructura del Macizo Rocoso		BPD+		Condición de las Discontinuidades		R-		GSI		35-45		

*FF Macizo Rocoso: 6 *Jv: 27 RQD: 25 % Blocksize: 0.15 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :		Di		FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA 		
	E: 549378.29		E: 549390.12		DIP		DIP DIR		ALTERACION:		Prop		PROYECTO :		3310				
	N: 64278.18		N: 64287.39		65		140		UCS / σ_t :		142.10 13.39		CELDA:		3325			NO 5 15	

ID	Tipo de Estructura		Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)					Valor	
	JRC	JCS									JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion				
1	JS	45	158	5	1	>15	0.15	0.2	0	Ai	5	3.5	1	1	1	3	1	4	4	13	
2	JS	86	210	3	1	10	0.35	0.5	2	Ca	7	3.5	1	1	3	3	3	4	3	16	
3	JS	64	300	4	2	>15	0.25	0.3	0	Ca	7	3.5	1	2	1	2	3	2	3	11	
4	JS	62	158	4	1	>15	0.20	0.25	0	Ca	5	3.5	1	1	1	3	1	4	4	13	
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					

Comentarios : Macizo Rocoso de Regular Calidad Geotecnica, moderadamente alterado, fracturado con 4 fracturas por metro

resistencia de la roca de 150 MPa, con presencia de rellenos de calcita.

Ubicación de Celda en Campo:	Control Estructural:	Debil
------------------------------	----------------------	-------

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76				
Continuidad (m)	> 1	5 1 - 3	4 3 - 10	3 10 - 20
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1	3 1 - 5
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso	3 Suave
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5	3 Blando < 5
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente	3 Muy Alterada

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO				
Grado	Descripción	UCS (Mpa.)	Valor	Martillo
R0	Roca extremadamente debil	0.25 - 1		Mezcla de Panizo y Brecha
R1	Roca muy debil	1 - 5	3 1	Se desmorona con un golpe
R1.5			5 1	
R2	Roca debil	5 - 25	15 2	Se indenta superficialmente la punta del martillo
R2.5			25 3	Se fractura en muchos pedazos con un golpe
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	37.5 4	1 golpe se fractura
R3.5			50 6	2 golpes se fractura
R4	Roca fuerte	50 - 100	75 7	3 golpes se fractura
R4.5			100 9	4 golpes se fractura
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	175 13	Muchos golpes para fracturar
R6	Roca extremadamente fuerte	> 250	> 250 15	Solo se astilla

Jr (Q de Barton)				
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)				
Estructuras sin continuidad				
Rugoso e irregular u ordenado				
Liso y ondulado				
estriada y ondulado				
Rugoso y planar				
Liso y planar				
Estriada y planar				
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento				
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies				

Espac.	FF/m	Valor	Alteraciones		RQD		TIPO DE RELLENO		
			G/A	Arg	%	Jv			
>3	0	30	Yeso / Anhidrita		0	35	3	Calcita	CA
2.5	0	29	Argilización		10	32	4	Clorita	KL
2	1	28	Propilización		20	29	5	Detritus	DE
1.5	1	26	Silicificación		30	26	6	Yeso	YE
1	1	24	Filica		40	23	8	Anhidrita	AN
0.5	2	19	Estructuras		50	20	10	Feldespatos	FE
0.3	3	16	J Junta Simple		60	17	12	Panizo	PA
0.25	4	15	JS Set de Juntas		70	14	14	Brecha	BF
0.2	5	14	F Falla		80	11	16	Aire	AI
0.15	7	12	CT Contacto		90	8	18	Arcilla	AR
0.1	10	9	DK Dique		100	5	20	Limo	LI
0.05	20	5						Mineral	MI

Control Estructural		
No hay discontinuidades aparentes, o no hay discontinuidades que influyen la estabilidad del banco	Ninguno	
Uno a tres conjuntos de estructuras que son discontinuas y/o tienen una orientación favorable para la estabilidad. Caída de pequeños bloques.	Debil	
Las discontinuidades forman inestabilidades pequeñas y discontinuidades, del tipo cuña, planos escalonados que influyen en el sobrequebre.	Moderado	
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos tipo cuña, planos escalonados que controlan el sobrequebre. Banco mas empinado que los mecanismos.	Fuerte	
Las discontinuidades están bien desarrolladas y forman deslizamientos planos o cuñas de igual altura del banco. La cara del banco se sobrequebra al ángulo aparente del mecanismo de control.	Muy Fuerte	

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)																		
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO												VALORACION					
	RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)		1	11			
RQD %	90-100	(20)		75-90	(17)	50-75	(13)	X	25-50	(8)	<25	(3)	2	8				
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	0.30 - 1	(20)	X	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	14				
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.		(25)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura		(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda		(12)	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades		(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades		(0)	4	13
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco		(10)	Solo Humedo		(7)	Ligera presión de agua		(4)	Serios problemas de agua		(0)	5	10			
ROCK MASS RATING '76												56						
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO						REGULAR												
RMR		0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100								
IDENTIFICACION EN EL PLANO						56												
CALIDAD GEOTECNICA		MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA								
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA		Estructura del Macizo Rocoso		MB-		Condición de las Discontinuidades		B-		GSI		50-60						

*FF Macizo Rocoso: 4 *Jv: 23 RQD: 40 % Blocksiz: 0.25 m2



MAPEO GEOTECNICO - SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA - MINA TOQUEPALA

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :	Di		FUENTE: SPCC				SUPERINTENDENCIA DE GEOTECNIA	
	E: 549302.59	E: 549314.08	DIP	DIP DIR			ALTERACION:	Prop		PROYECTO :					
	N: 64212.8	N: 64222.44	65	139			UCS / σ_t :	157.97	14.89	CELDA:	3325	NO	5		16

ID	Tipo de Estructura		Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)					Valor
	JS	JA									JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	
1	JS	33	105	4	1	>15	0.3	0.5	0	Ca	5	3.5	1	1	1	2	1	4	4	12
2	JS	55	298	3	1	>20	0.4	0.5	0	Ca	7	3.5	1.5	2	0	2	3	4	3	12
3	JS	82	204	4	<1	15	0.3	0.35	0	Ca	7	3.5	1.5	1	2	3	3	4	4	16
4	JS	28	108	5	1	>20	0.2	0.25	0	Ai	5	3.5	1	1	0	2	1	4	4	11
5	JS	69	286	1	3	>15	0.4	0.6	0	Ca	7	3.5	1.5	1	1	1	3	4	4	13
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios : Macizo Rocoso de Regular Calidad Geotecnica, ligeramente alterado, fracturado con 4 fracturas por metro resistencia de la roca de 50 - 100 MPa, con presencia de rellenos de calcita.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Débil

CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76			
Continuidad (m)	> 1	5 1 - 3	4 3 - 10
Abertura (mm)	Ninguna	5 < 0.1	4 0.1 - 1
Rugosidad	Muy Rugoso	5 Rugoso	4 Algo Rugoso
Relleno (mm)	Ninguno	5 Duro < 5	4 Duro > 5
Meteorización	Ninguna	5 Ligeramente	4 Moderadamente

CLASIFICACION DE LA DUREZA EN CAMPO			
Grado	Descripción	UCS (Mpa.)	Valor
R0	Roca extremadamente débil	0.25 - 1	
R1	Roca muy débil	1 - 5	
R2	Roca débil	5 - 25	
R3	Roca medianamente fuerte	25 - 50	
R4	Roca fuerte	50 - 100	
R5	Roca muy fuerte	100 - 250	
R6	Roca extremadamente fuerte	>250	

Jr (Q de Barton)			
Si hay contacto entre las dos superficies (con menos de 10cm. de movimiento)			
Estructuras sin continuidad			3
Rugoso e irregular u ordenado			4
Liso y ondulado			2
estriada y ondulado			1.5
Rugoso y planar			1.5
Liso y planar			1
Estriada y planar			0.5
Si no hay contacto entre las dos superficies con movimiento			
Zonas que tienen arcilla, arenas, gravas y/o rocas molidas tan ancho para prevenir contacto de las dos superficies			
			1

Espac. FF/mm		Valor		Alteraciones		RQD		TIPO DE RELLENO	
>3	0	30		G/A	Yeso / Anhidrita	%	Jv	Valor	CA
2.5	0	29		Arg	Argilización	0	35	3	KL
2	1	28		Prop	Propilización	10	32	4	DE
1.5	1	26		Sil	Silicificación	20	29	5	YE
1	1	24		Fl	Filica	30	26	6	AN
0.5	2	19		Estructuras		40	23	8	FE
0.3	3	16		J	Junta Simple	50	20	10	PA
0.25	4	15		JS	Set de Juntas	60	17	12	BF
0.2	5	14		F	Falla	70	14	14	AI
0.15	7	12		CT	Contacto	80	11	16	LI
0.1	10	9		DK	Dique	90	8	18	MI
0.05	20	5				100	5	20	OZ

Ja (Q de Barton)	
Tipo	Grado
Sellado	0
Contacto entre los planos	1
Planos inalterados o con patinas locales	0.75
Planos ligeramente alterados sin arcilla	1
Planos con pequeñas fracciones de arcillas (no blandas)	3
Planos recubiertos de arcillas blandas o pequeñas cantidades de arcillas expansivas (hasta 2mm.)	4
Contacto entre los planos antes de un desplazamiento por corte de 10cm.	4
Relleno	
Relleno no arcilloso (hasta 5 mm.)	4 - 6
Relleno arcilloso duro a blando (inferior a 5mm.)	6 - 8
Rellenos de arcillas expansivas (hasta 5 mm.)	8 - 12
Planos con relleno de roca desintegrada y pocas arcillas	6 - 8
Fallas con relleno de roca desintegrada y pocas arcillas	8 - 12
Fallas con rellenos arcillosos duro a blando (desarrollando de la cantidad de arcillas expansivas y de la exposición al agua)	8 - 12
Fallas gruesas mayormente con relleno arcilloso expansivo	12 - 20

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.) / CLASIFICACION BIENIAWSKI (1976)																		
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO												VALORACION					
	RESISTENCIA (MPa)	>200	(15)	X	100-200	(12)	50-100	(7)	25-50	(4)	<25(2) <10(1) <3(0)	(2)		1	12			
RQD %	90-100	(20)		75-90	(17)	50-75	(13)	X	25-50	(8)	<25	(3)	2	9				
ESPACIAMIENTO (m)	> 3	(30)		1 - 3	(25)	0.30 - 1	(20)	X	0.05 - 0.30	(10)	< 0.05	(5)	3	15				
CONDICION DE LAS JUNTAS JC 76	Superficies muy rugosas. Sin Continuidad. Sin Separación. Paredes de roca dura.		(25)	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1 mm. Paredes de roca dura		(20)	X	Superficies ligeramente rugosas. Separación < 1mm. Paredes de roca blanda		(12)	Superficies pulidas o con relleno <5mm. Apertura de 1-5mm. Continuidad de las discontinuidades		(6)	Relleno blando >5mm. O apertura >5mm. Continuidad de las discontinuidades		(0)	4	12
AGUA SUBTERRANEA	X	Totalmente Seco			(10)	Solo Humedo			(7)	Ligera presión de agua		(4)	Serios problemas de agua		(0)	5	10	
ROCK MASS RATING '76												58						
CALIDAD DE MACIZO ROCOSO						REGULAR												
RMR		0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100								
IDENTIFICACION EN EL PLANO						58												
CALIDAD GEOTECNICA		MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA								
INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA		Estructura del Macizo Rocoso		MB+		Condición de las Discontinuidades		R+		GSI		50-60						

*FF Macizo Rocoso: 4 *Jv: 22 RQD: 45 % Blocksize: 0.3 m2



CLASIFICACIÓN DE LAUBSCHER

Nivel 3265

CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DA	FUENTE: PROPIA				
	E: 550588	E: 550601	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Qs	PROYECTO :				
	N: 64483	N: 64475	67	205	UCS (Mpa):	109.32	CELDA:	3265	N	4	20

ID	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)						
										JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor	
1	JS	62	260	5	0.2	>20	0.25	0.5	2	Arc	7	3	3	4	3	3	4	2	3	15
2	JS	28	345	20	0.2	7	0.3	0.25	1	Arc	7	5	2	4	3	3	4	2	3	15
3	F	28	345	1	30	>20	-	-	1	Pz	3	0.5	1	10	-	-	-	-	-	0
4	JS	85	160	14	0.4	10	0.3	0.1	1	Arc	7	3	2	1	3	3	4	2	3	15
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios : Formacion de cuñas, leve control estructural, material caido (cuña)

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Debil

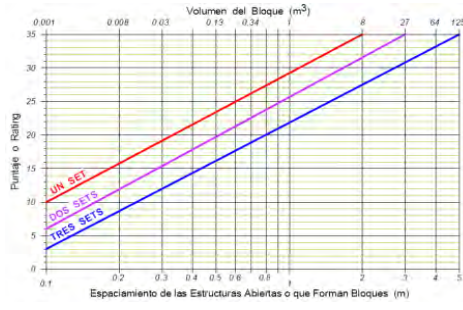
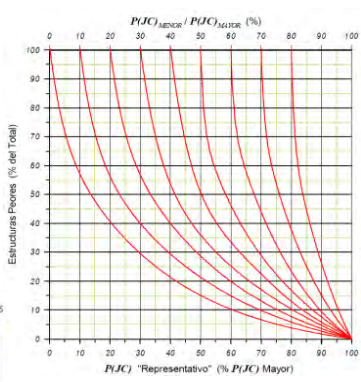
VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	12
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	18
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	38
MINING ROCK MASS RATING 2001						68
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.96
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.95
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						60
MRMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	
IDENTIFICACION EN EL PLANO			60			
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA	
Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS	
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 l/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 l/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS				
Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas c/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
5	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACIÓN					
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38



CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DA	FUENTE: PROPIA				
	E: 550500	E: 550515	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Qs	PROYECTO :				
	N: 64511	N: 64508	74	170	UCS (Mpa):	142.95	CELDA:	3265	N	4	21

ID	CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)										VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)												
	Tipo de Estructura		N de Estructuras		Abertura / Espesor (mm)		Continuidad (m)		Espaciamiento (m)		Oversize (m)		N de Extremos Visibles		Tipo de Relleno				Valor				
	Dip	Dip Dir												JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor
1	JS	55	192	4	0.2	>20	0.25	0.3	1	Arc	9	3	3	4	3	3	4	2	4	4	16		
2	JS	55	276	4	0.2	7	0.3	0.25	1	Arc	7	5	2	4	3	3	4	2	4	4	16		
3	JS	48	020	4	30	10	0.25	0.2	1	Arc	3	0.5	1	1	3	3	3	2	4	15			
4	F	78	348	1	10	>20	-	-	1	Pz	1	3	1	8	-	-	-	-	-	0			
5	F	62	160	1	10	>20	-	-	1	Pz	1	3	1	10	-	-	-	-	-	0			
6																							
7																							
8																							
9																							
10																							
11																							

Comentarios : Macizo de buena calidad geotecnica, afloramiento de agua por discontinuidades, con presencia de oxidos, cara de banco irregular, formacion de cuñas.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado

PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	22
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	24
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	38

MINING ROCK MASS RATING 2001						
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.96
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.95
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						67

MRMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
IDENTIFICACION EN EL PLANO				67	
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA

Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS

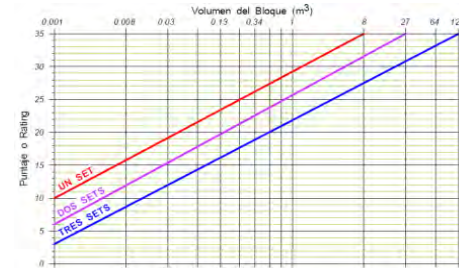
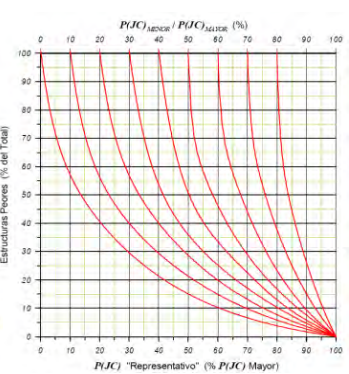
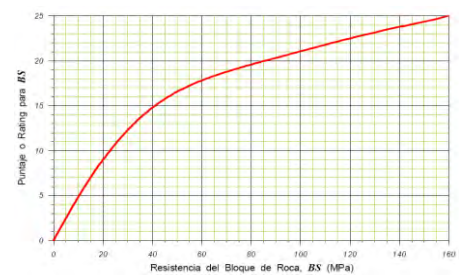
Condición	Factor
Macizo rocoso húmedo	0.95
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90
Infiltraciones > 125 lt/min, con presiones > 5 MPa	0.70

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS

Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas c/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
5	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION

Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	> 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38

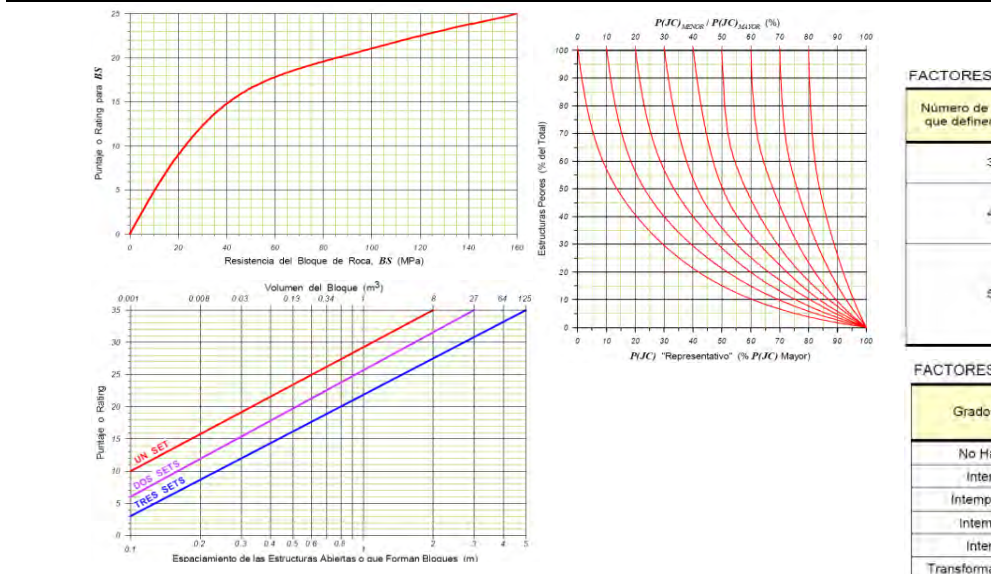


CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DA	FUENTE: PROPIA				
	E: 550500	E: 550515	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Qs	PROYECTO :	3265			
	N: 64511	N: 64508	74	170	UCS (Mpa):	92.93	CELDA:	3265	N	4	22

ID	CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)										VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)											
	Tipo de Estructura		N de Estructuras		Abertura / Espesor (mm)		Espaciamiento (m)		Oversize (m)		N de Extremos Visibles		Tipo de Relleno				Valoracion					
	Dip	Dip Dir										JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor	
1	JS	32	205	6	0.2	8	0.3	0.4	2	Arc	11	6	3	6	1	3	1	2	3		10	
2	JS	84	050	6	0.2	11	0.3	0.4	2	Arc	11	6	3	6	1	3	1	2	3		10	
3	JS	80	081	4	0.2	10	0.3	0.4	2	Arc	11	6	3	6	1	3	1	2	3		10	
4	F	82	042	1	10	>20	-	-	0	Pz	1	1	1	8	-	-	-	-	-		0	
5																						
6																						
7																						
8																						
9																						
10																						
11																						

PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	19
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	18
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	38
MINING ROCK MASS RATING 2001						75
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.96
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.95
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						66
MRRM	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	
IDENTIFICACION EN EL PLANO				66		
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	



FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA		FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS				
Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste	Condición			Factor de Ajuste	
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00	Macizo rocoso húmedo			0.95 a 0.90	
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97	Infiltraciones de 25 a 125 l/min, con presiones de 1 a 5 MPa			0.90 a 0.80	
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94	Infiltraciones > 125 l/min, con presiones > 5 MPa			0.70 a 0.80	
Tronaduras de Mala Calidad	0.80					

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS				
Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas c/ la Vertical	Rating Asociado a J.C		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
5	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	i	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION					
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38

CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

		DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD			ROCA :	DA		FUENTE: PROPIA				
		E: 550406		E: 550400		DIP		DIP DIR	ALTERACION:	Qs		PROYECTO :	3265			
		N: 64478		N: 64483		67		165	UCS (Mpa):	194.84		CELDA:	3265	N	4	23

ID	CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)										VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)																						
	Tipo de Estructura		N de Estructuras		Abertura / Espesor (mm)		Espaciamiento (m)		Oversize (m)		N de Extremos Visibles		Tipo de Relleno		JRC		JCS		JR		JA		Continuidad		Abertura		Rugosidad		Relleno		Meteorizacion		Valor
1	JS	52	205	31	0.2	9	0.15	0.2	1	Cl, Arc	9	6	1.5	7	3	3	3	2	4	15													
2	JS	80	281	21	0.2	4	0.15	0.2	1	Cl, Arc	9	6	1.5	7	4	3	3	2	4	16													
3	JS	80	180	35	0.2	8	0.15	0.2	1	Cl, Arc	9	6	1.5	7	3	3	3	2	4	15													
4	F	88	200	1	10	>20	-	-	0	Rx, Arc, Pz	1	1	0.5	10	-	-	-	-	0														
5	F	48	190	1	10	>20	-	-	1	Rx, Arc, Pz	1	1	0.5	10	-	-	-	-	0														
6																																	
7																																	
8																																	
9																																	
10																																	
11																																	

PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	22
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	9
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	28

MINING ROCK MASS RATING 2001						59
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.94
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.9
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						48

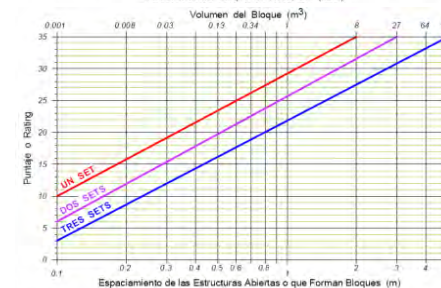
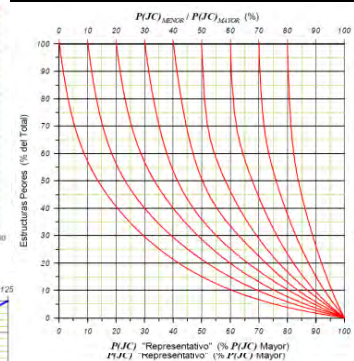
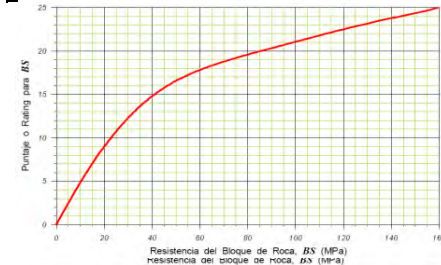
MRMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
IDENTIFICACION EN EL PLANO			48		
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA	
Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS	
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS				
Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Incluidas c/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
	4	0.70	0.80	0.90
4	3	0.75	0.80	0.95
	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
5	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACIÓN					
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38



CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DA	FUENTE: PROPIA				
	E: 550340	E: 550354	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Qs	PROYECTO :				
	N: 64455	N: 64460	67	170	UCS (Mpa):	131.99	CELDA:	3265	N	4	24

ID	CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)										CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)									
	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor
1	JS	32	185	12	0.2	10	0.8	1	1	Arc	9	6	1.5	7	3	3	3	2	4	15
2	JS	80	145	9	0.2	10	0.95	1.2	1	Arc	9	6	1.5	7	3	3	3	2	4	15
3	JS	77	200	7	0.2	8	1	1.3	1	Arc	9	6	1.5	7	3	3	3	2	4	15
4	F	86	130	1	0.7	>20	-	-	0	Arc, Pz	2	1	0.5	10	-	-	-	-	-	0
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	21
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	20
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	30
MINING ROCK MASS RATING 2001						71
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.96
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.9
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						60
MRMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	
IDENTIFICACION EN EL PLANO			60			
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	

Comentarios : Macizo de buena calidad, formación de cuñas, material derramado en el toe por colapso de una cuña, cara de banco irregular.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado-Debil

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA

Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS

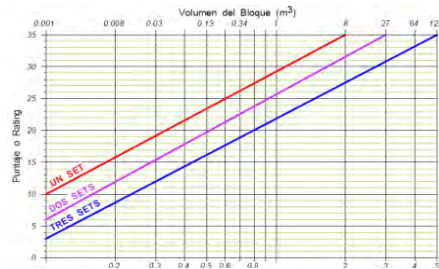
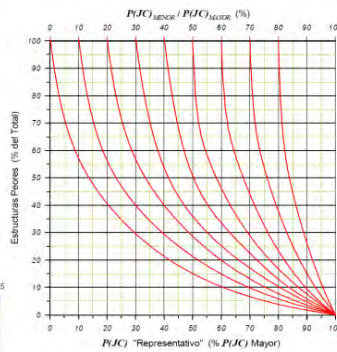
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS

Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas a la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
	4	0.70	0.80	0.90
4	3	0.75	0.80	0.95
	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
5	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION

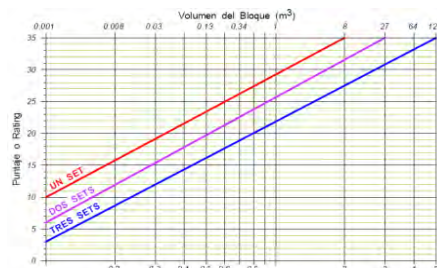
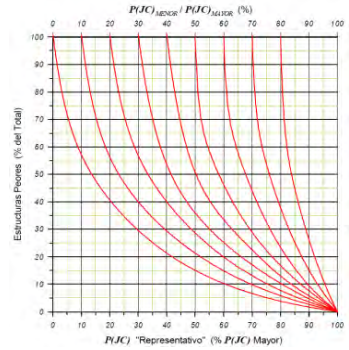
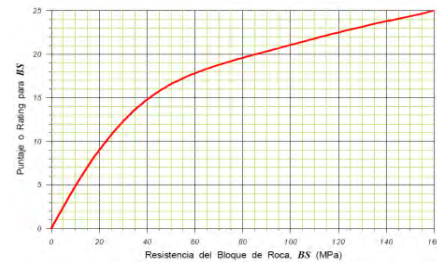
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38



CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

		DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :		Qq		FUENTE: PROPIA																													
		E: 550236		E: 550249		DIP		DIP DIR		ALTERACION:				PROYECTO :																													
		N: 64419		N: 64427		68		170		UCS (Mpa):		146.52		CELDA:		3265 N 4 25																											
CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)															VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)																												
ID	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION																	
																					Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6		5-0	22															
1	JS	68	128	38	0.2	10	0.05	1	1	Arc	9	2	2	4	3	3	3	2	4	4	15	Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	22															
2	JS	74	200	30	0.2	11	0.1	1.2	1	Arc	9	2	2	4	3	3	3	2	4	4	15	Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	7															
3	JS	44	215	20	0.2	6	0.15	1.3	1	Arc	9	2	2	4	3	3	3	2	4	4	15	La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	30															
4	JS	54	210	5	0.7	8	-	-	0	Arc	9	2	2	6	3	3	3	2	4	4	15	MINING ROCK MASS RATING 2001					59																
5	F	86	130	1	20	>20	-	-	0	Arc, Pz	2	1	0.5	10	-	-	-	-	-	0	0	FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)					0.96																
6	F	86	130	1	10	>20	-	-	0	Arc, Pz	2	1	0.5	10	-	-	-	-	0	0	AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS					0.8																	
7																					AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA					1																	
8																					AJUSTE POR VOLADURA					0.97																	
9																					AJUSTE POR AGUA					1																	
10																					MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO					44																	
11																					MRMR					0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100													
Comentarios :		Macizo de buena calidad, formación de cuñas, material derramado en el toe por colapso de una cuña, cara de banco irregular.																																									
Ubicación de Celda en Campo:		Control Estructural:			Moderado- Debil																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">IDENTIFICACION EN EL PLANO</th> <th colspan="2">44</th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th> <th colspan="2"></th> </tr> <tr> <th colspan="2">CALIDAD GEOTECNICA</th> <th colspan="2">MUY MALA</th> <th colspan="2">MALA</th> <th colspan="2">REGULAR</th> <th colspan="2">BUENA</th> <th colspan="2">MUY BUENA</th> </tr> </thead> </table>																						IDENTIFICACION EN EL PLANO		44								CALIDAD GEOTECNICA		MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA	
IDENTIFICACION EN EL PLANO		44																																									
CALIDAD GEOTECNICA		MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA																																	

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA		FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS				
Tipo de Tronadura		Condición		Factor de Ajuste		
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00	Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90			
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97	Infiltraciones de 25 a 125 l/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80			
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94	Infiltraciones > 125 l/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80			
Tronaduras de Mala Calidad	0.80					



FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS				
Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque inclinadas a la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
	4	0.70	0.80	0.90
4	3	0.75	0.80	0.95
	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
5	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION					
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38

CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE E: 549676.02 N: 64391.26	HASTA E: 549663.12 N: 64383.6	ORIENTACION DEL TALUD DIP: 68 DIP DIR: 151		ROCA : ALTERACION: UCS / σ_t : 183.56 17.30	Di	FUENTE: PROPIA PROYECTO : CELDA: 3265 NO 5 1			
--	--	---	---	--	--	----	--	--	--	--

ID	Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)										VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)																			
	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Metecorizacion	Valor	PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION			
1	JS	35	148	3	1	>15	0.35	0.4	0	Ai	7	4	1.5	1	1	3	3	4	4	15	Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	22			
2	JS	35	091	3	1	15	0.35	0.6	1	Mi	7	4	1.5	2	2	3	3	4	3	15	Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	15			
3	JS	63	160	2	1	>20	0.45	0.6	0	Ai	7	4.5	1.5	1	0	3	3	4	5	15	La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	36			
4	JS	70	325	3	2	>20	0.40	0.5	0	Li	7	4	1.5	1	0	2	3	4	4	13	MINING ROCK MASS RATING 2001					73				
5																					FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)					0.96				
6																					AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS					0.95				
7																					AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA					1				
8																					AJUSTE POR VOLADURA					0.97				
9																					AJUSTE POR AGUA					1				
10																					MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO					65				
11																					MRMR					0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
Comentarios :											IDENTIFICACION EN EL PLANO										65									
											CALIDAD GEOTECNICA										MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA					

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA

Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS

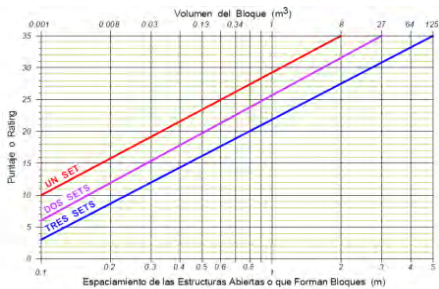
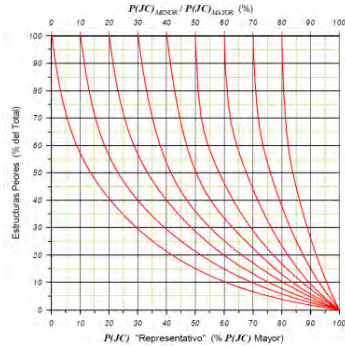
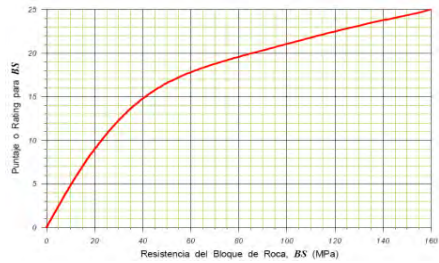
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 l/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 l/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS

Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas a la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
5	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION

Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	> 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38



CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di		FUENTE: PROPIA			
	E: 549585.75	E: 549573.71	DIP	DIP DIR	ALTERACION:			PROYECTO :			
	N: 64324.79	N: 64315.84	68	142	UCS / σ_t :	176.24	16.61	CELDA:	3265	NO	5

ID	Condiciones de las Discontinuidades (JC 1976)										Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)									
	Tipo de Estructura		N de Estructuras		Abertura / Espesor (mm)		Espaciamiento (m)		N de Extremos Visibles		Tipo de Relleno		Continuidad		Meteorizacion		Valor			
	Dip	Dip Dir								JRC	JCS	JR	JA							
1	JS	77	019	2	1	15	0.5	0.8	0	Ai	7	4.5	1.5	1	2	3	3	4	4	16
2	JS	35	165	1	1	>20	1	2	0	Ai	3	4.5	1	1	0	3	1	4	4	12
3	JS	30	070	1	1	12	0.5	0.8	0	Ar	7	4	2	2	3	3	3	4	3	16
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	21
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	24
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	38
MINING ROCK MASS RATING 2001						83
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.9
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.95
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						69

MRMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
IDENTIFICACION EN EL PLANO				65	
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA

Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS

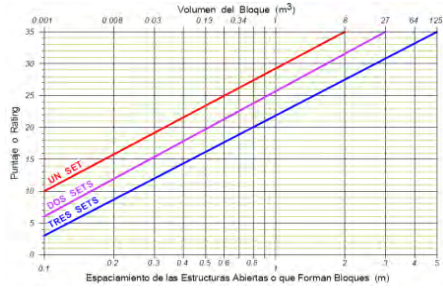
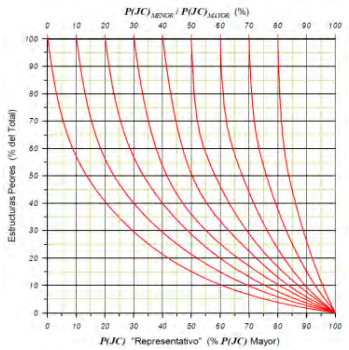
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lit/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lit/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS

Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas c/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
	2	0.85	0.90	0.95
5	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION

Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	> 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38

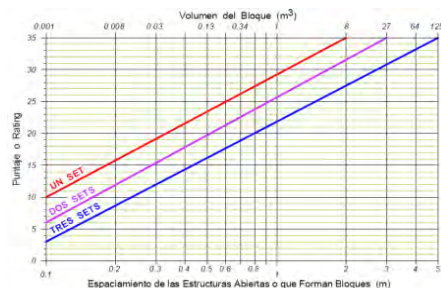
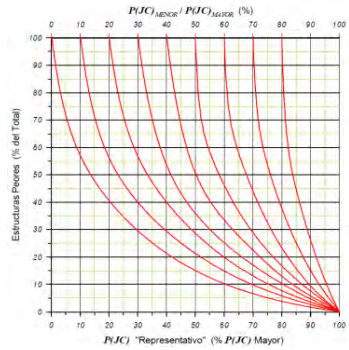


CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE E: 549433.7 N: 64195.39	HASTA E: 549422.78 N: 64185.11	ORIENTACION DEL TALUD DIP 70	DIP DIR 138	ROCA : ALTERACION: UCS / σt:	Di Prop 168.08	15.84	FUENTE: PROPIA PROYECTO : CELDA: 3265 NO 5 3			
--	---	--	---	-----------------------	------------------------------------	----------------------	-------	--	--	--	--

ID	Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)										VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)																							
	Tipo de Estructura		N de Estructuras		Abertura / Espesor (mm)		Continuidad (m)		Espaciamiento (m)		Oversize (m)		N de Extremos Visibles		Tipo de Relleno				RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION										
	Dip	Dip Dir												JRC	JCS	JR	JJA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor	Resistencia de la roca intacta (BS)	Espaciado de discontinuidades (JS)	La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)								
1	J	58	083	1	3	>15	-	-	0	Ar	7	3	2	3	1	1	3	2	1	1	3	2	1	8	25-21	35-29	40-33	20-16	15-11	10-6	5-0	21		
2	JS	79	020	2	2	>20	0.4	0.6	0	Ar	7	3	1.5	3	0	2	3	2	1	1	3	2	1	8										
3	JS	57	170	3	1	15	0.3	0.35	0	Ai	5	4	1	1	2	3	1	4	4	4	4	4	14											
4																																		
5																																		
6																																		
7																																		
8																																		
9																																		
10																																		
11																																		

MINING ROCK MASS RATING 2001										75	
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)										0.9	
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS										0.95	
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA										1	
AJUSTE POR VOLADURA										0.97	
AJUSTE POR AGUA										1	
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO										62	
MRMR		0 - 20		21 - 40		41 - 60		61 - 80		81 - 100	
IDENTIFICACION EN EL PLANO											
CALIDAD GEOTECNICA		MUY MALA		MALA		REGULAR		BUENA		MUY BUENA	



FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA

Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS

Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas c/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
5	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
5	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
5	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACIÓN

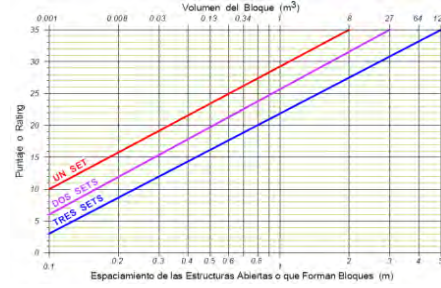
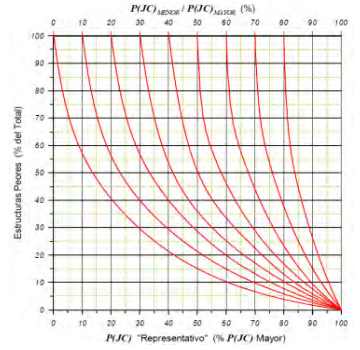
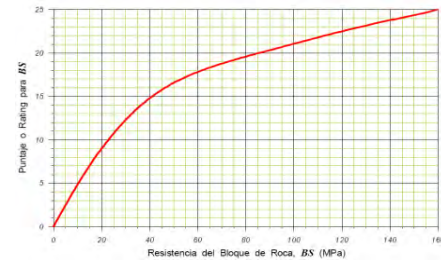
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	> 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38

CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di		FUENTE: PROPIA			
	E: 549338.49	E: 549326.33	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Prop		PROYECTO :			
	N: 64113.33	N: 64104.55	63	142	UCS / σ_t :	178.41	16.82	CELDA:	3265	NO	5

ID	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno					Condición de las Discontinuidades (JC 1976)					Valor	
										JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización			
1	JS	72	205	3	3	15	0.3	0.5	0	AI	5	4	1	1	2	1	1	4	4	12	
2	JS	43	145	2	1	>15	0.5	0.6	0	AI	7	4	1	1	0	3	3	4	4	14	
3	JS	30	006	3	1	>20	0.3	0.35	0	Ar	7	3.5	1.5	2	0	3	3	2	3	11	
4	F	66	000	1	350	>20	-	-	0	Bf	3	1	0.5	20	-	-	-	-	-	0	
5	JS	79	092	4	1	15	0.25	0.3	0	Pa	3	2.5	1	3	2	3	1	2	1	9	
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)							
PARAMETRO		RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)		25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	21
Espaciado de discontinuidades (JS)		35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	12
La condición de las discontinuidades/ agua (JC)		40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	34
MINING ROCK MASS RATING 2001							67
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)							0.96
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS							0.95
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA							1
AJUSTE POR VOLADURA							0.97
AJUSTE POR AGUA							1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO							59
MRMR		0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	
IDENTIFICACION EN EL PLANO				59			
CALIDAD GEOTECNICA		MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	



FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA	
Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica. Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS	
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min. con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min. con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS				
Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque inclinadas c/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
	4	0.70	0.80	0.90
4	3	0.75	0.80	0.95
	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
5	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

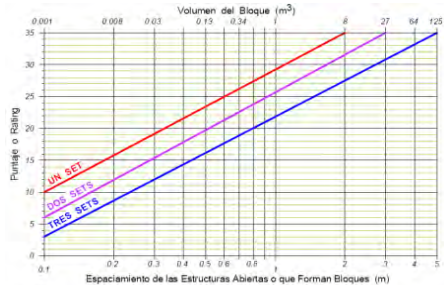
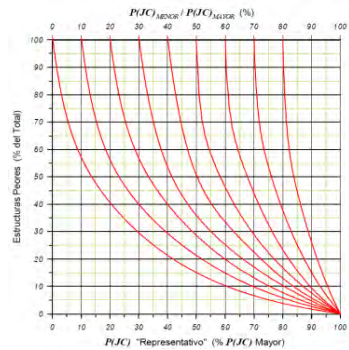
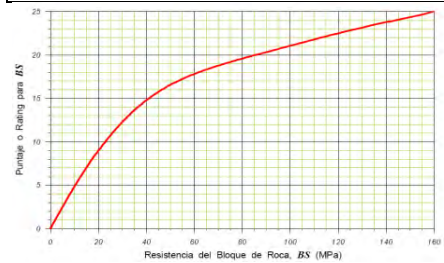
FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACIÓN					
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38

CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di		FUENTE: PROPIA				
	E: 549251.73	E: 549245.03	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Prop		PROYECTO :	3250			
	N: 64025.39	N: 64011.97	65	115	UCS / σ_t :	191.96	18.09	CELDA:	3265	NO	5	5

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)				Valor			
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno		Meteorizacion		
1	JS	40	132	2	1	20	0.5	0.8	0	AI	7	4	1.5	1	1	4	4	4	4	17
2	JS	43	090	3	1	20	0.3	0.45	0	AI	5	4	2	1	1	4	3	4	4	16
3	JS	74	305	1	2	20	1.5	2.5	0	Ca	7	3	1.5	3	1	3	4	2	3	13
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	21
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	23
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	36
MINING ROCK MASS RATING 2001						80
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.96
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.95
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						71
MRMR		0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
IDENTIFICACION EN EL PLANO						71
CALIDAD GEOTECNICA		MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA



FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA	
Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS	
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS				
Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas c/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
	2	0.85	0.90	0.95
5	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACIÓN					
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38

CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE E: 549181.77 N: 63900.9	HASTA E: 549174.51 N: 63887.77	ORIENTACION DEL TALUD DIP 66	DIP DIR 113	ROCA : ALTERACION: UCS / σt:	Di Fresh 218.13 20.56	FUENTE: PROPIA PROYECTO : CELDA: 3265 NO 5 6			
--	---	--	---	-----------------------	------------------------------------	--------------------------------	--	--	--	--

ID	Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)										Valor									
	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor
1	JS	42	078	3	1	>20	0.35	0.45	0	Ca	5	4.5	1	1	0	3	1	4	4	12
2	JS	65	292	2	2	>20	0.6	1	0	Ar	7	3	1.5	3	0	2	3	2	3	10
3	JS	45	096	3	1	12	0.35	0.4	2	Ca	7	4.5	1.5	1	2	3	3	4	4	16
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	22
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	19
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	36
MINING ROCK MASS RATING 2001						77
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.96
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.95
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						68
MRMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	
IDENTIFICACION EN EL PLANO						68
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	

Comentarios :

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Debil

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA

Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS

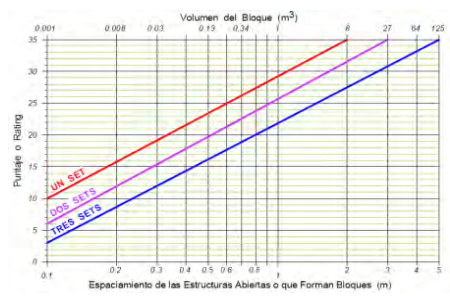
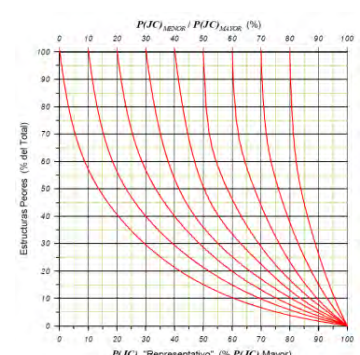
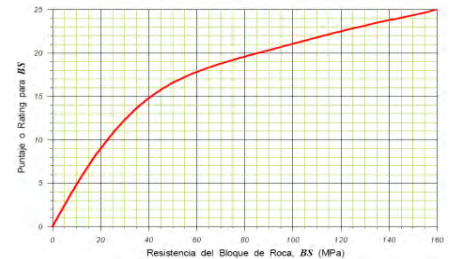
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas c/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
	2	0.85	0.90	0.95
5	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACIÓN

Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38



CLASIFICACIÓN DE LAUBSCHER

Nivel 3325

CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Qq	FUENTE: PROPIA				
	E: 550235.97	E: 550222.37	DIP	DIP DIR	ALTERACION:		PROYECTO :	3310			
	N: 64507.87	N: 64501.51	67	155	UCS 3 (Mpa):	120.84	CELDA:	3325	N	5	1

ID	CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)										CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)						Valor			
	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura		Rugosidad	Relleno	Meteorización
1	JS	34	195	15	2	5	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	2	4	3	4	4	4	19
2	JS	82	104	30	2	3	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	2	4	3	4	4	4	19
3	JS	43	105	8	3	4	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	3	4	3	4	4	4	19
4	JS	53	195	10	3	5	0.25	0.3	1	Cal	9	2.5	1.5	3	4	3	4	4	4	19
5	JS	74	048	15	2	5	0.25	0.3	1	Cal	9	2.5	1.5	3	4	3	4	4	4	19
6	F	60	065	1	500	>20	-	-	0	Pz	1	0.5	0.5	10	-	-	-	-	-	0
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios : Estructuras que buzan a favor del talud, discontinuidades persistentes.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	18
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	12
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	32
MINING ROCK MASS RATING 2001						62
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.9
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.9
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						49
MRRM	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	
IDENTIFICACION EN EL PLANO			49			
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA

Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica. Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting))	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS

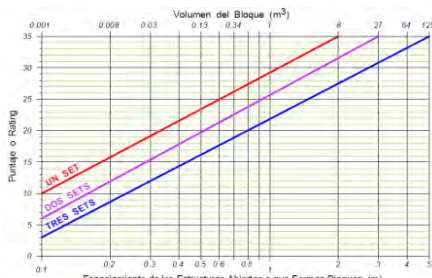
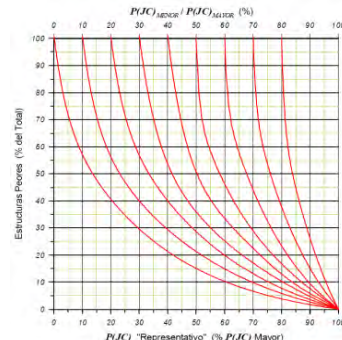
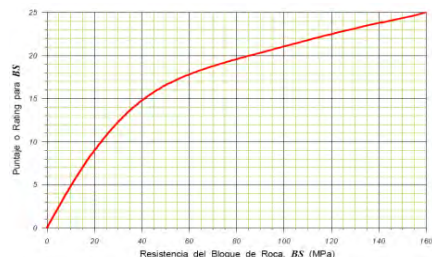
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min. con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min. con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS

Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclínadas o/la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
	4	0.70	0.80	0.90
4	3	0.75	0.80	0.95
	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
5	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION

Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	> 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38



CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE E: 550276.96 N: 64526.2	HASTA E: 550290.97 N: 64531.58	ORIENTACION DEL TALUD DIP 66	DIP DIR 167	ROCA : ALTERACION: UCS 3 (Mpa):	Bx-Qs 182.28	FUENTE: PROPIA PROYECTO : 3310 CELDA: 3325 N 5 2			
--	---	--	---	-----------------------	---------------------------------------	-----------------	---	--	--	--

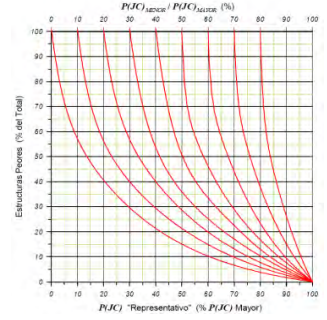
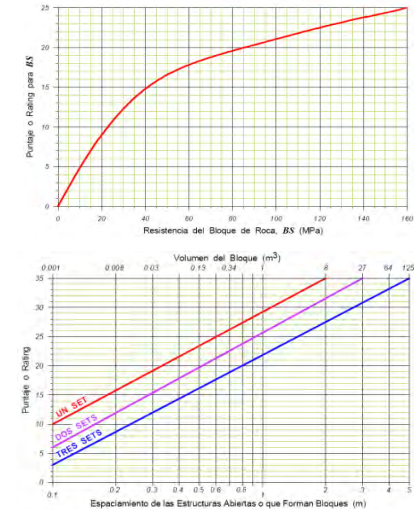
ID	CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)								CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)											
	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meleorizacion	Valor
1	JS	59	070	30	2	8	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	2	3	3	3	3	4	16
2	JS	25	230	10	3	2	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	2	3	3	3	3	4	16
3	JS	84	103	3	2	1	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	3	3	3	3	4	16	
4	JS	82	037	10	2	4	0.25	0.3	1	Cal	9	2.5	1.5	3	3	3	3	4	16	
5	JS	9	193	6	2	3	0.25	0.3	1	Cal	9	2.5	1.5	3	3	3	3	4	16	
6	F	60	065	1	500	>20	-	-	0	Pz	1	0.5	0.5	10	-	-	-	-	0	
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios : Estructuras que buzan a favor del talud, discontinuidades persistentes.

Macizo de bloques menores

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	24
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	9
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	30
MINING ROCK MASS RATING 2001						63
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.96
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.8
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						47
MRMR		0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
IDENTIFICACION EN EL PLANO				45		
CALIDAD GEOTECNICA		MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA



FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA	
Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS	
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS				
Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas o/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
	4	0.70	0.80	0.90
4	3	0.75	0.80	0.95
	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
5	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION					
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	> 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38

CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE E: 550394.78 N: 64568.27	HASTA E: 550409.04 N: 64572.9	ORIENTACION DEL TALUD DIP: 76 DIP DIR: 160		ROCA : ALTERACION: UCS 3 (Mpa):	DA 128.20	FUENTE; PROPIA PROYECTO : CELDA: 3325 N 5 3		
--	--	---	---	--	---------------------------------------	--------------	---	--	--

ID	CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)										VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)																				
	Tipo de Estructura		N de Estructuras		Abertura / Espesor (mm)		Continuidad (m)		Espaciamiento (m)		Oversize (m)		N de Extremos Visibles		Tipo de Relleno		Continuidad		Abertura		Rugosidad		Relleno		Meteorización		Valor				
1	JS	71	235	5	1	20	0.2	0.3	1	Arc	9	2.5	1.5	2	1	3	3	2	3	3	2	3	3	12	21	20	32	73			
2	JS	48	245	5	2	15	0.2	0.3	1	Arc	9	2.5	1.5	2	1	3	3	2	3	3	2	3	3	12	0.95	1	0.97	1			
3	JS	8	115	4	2	10	0.25	0.3	1	Arc	9	2.5	1.5	3	1	3	3	2	3	3	2	3	3	12	0.9	1	0.97	1			
4	JS	77	135	3	2	15	0.30	0.4	1	Arc	9	2.5	1.5	3	1	3	3	2	3	3	2	3	3	12	0.9	1	0.97	1			
5	F	30	075	1	80	>20	-	-	0	Pz	1	0.5	0.5	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0.9	1	0.97	1			
6																															
7																															
8																															
9																															
10																															
11																															

PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	21
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	20
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	32
MINING ROCK MASS RATING 2001						73
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.9
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.95
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						61
MRMR		0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
IDENTIFICACION EN EL PLANO					61	
CALIDAD GEOTECNICA		MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA

Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS

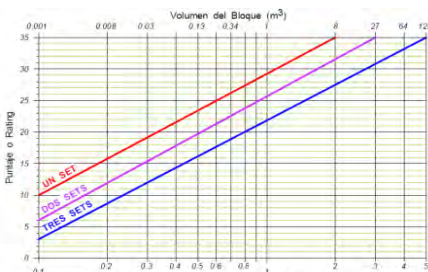
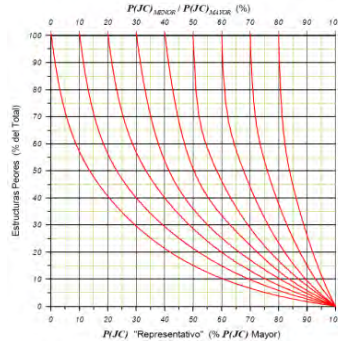
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS

Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas c/ la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
	2	0.85	0.90	0.95
5	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION

Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38



CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE E: 550473.18 N: 64631.96	HASTA E: 550486.87 N: 64625.83	ORIENTACION DEL TALUD DIP 70	DIP DIR 207	ROCA : ALTERACION: UCS 3 (Mpa):	Px / Bx-T 54.75	FUENTE: PROPIA PROYECTO : 3310 CELDA: 3325 N 5 4			
--	--	--	---	-----------------------	---------------------------------------	------------------------	---	--	--	--

ID	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)					Valor					
											Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion		JRC	JCS	JR	JA	
1	JS	31	156	3	1	>15	0.4	0.5	0	Ox	7	2.5	1.5	2	1	3	3	2	1	1	10
2	JS	57	287	3	1	15	0.35	0.4	0	Ox	7	2.5	1.5	2	2	3	3	2	3	3	13
3	JS	86	220	4	2	10	0.3	0.35	1	Arc	5	2	1	3	3	2	1	2	1	9	
4	F	74	056	1	30	>20	-	-	0	Pz	3	0.5	1	10	-	-	-	-	-	0	
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					

Comentarios : Macizo Rocoso de Regular Calidad Geotecnica, meteorizado, oxidado, con 4 fracturas por metro resistencia de la roca de 25-50 Mpa (R3), con presencia de rellenos blandos de oxidos y arcillas.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Debil

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	16
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	14
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	24

MINING ROCK MASS RATING 2001						54
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.9
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.9
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						42
MRMR		0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
IDENTIFICACION EN EL PLANO			42			
CALIDAD GEOTECNICA		MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA

Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS

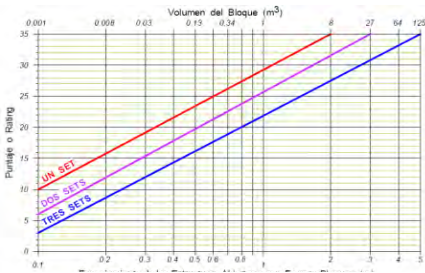
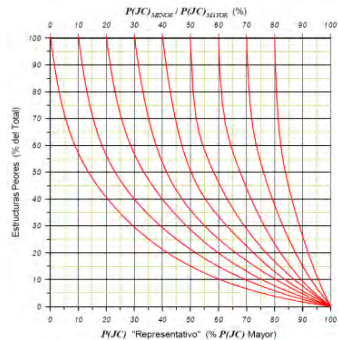
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS

Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclínadas c/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
5	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION

Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38



CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Bx	FUENTE: PROPIA				
	E: 550386.3	E: 550398.2	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Qs	PROYECTO :	3310			
	N: 64669.27	N: 64660.14	70	208	UCS 3 (Mpa):	179.05	CELDA:	3325	N	5	5

ID	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)							
										JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor		
1	JS	33	206	2	1	>15	0.5	0.6	0	Li	9	3	3	1	1	1	3	4	4	4	16
2	JS	65	043	2	3	>20	0.7	1	0	Arc	9	3	3	3	0	1	4	2	1	8	
3	F	71	098	1	30	>15	-	-	0	Pz	3	0.5	1	10	-	-	-	-	-	0	
4	JS	37	095	2	1	6	0.4	0.6	2	Li	7	3	2	1	3	3	3	4	4	17	
5	J	65	063	1	2	>15	-	-	0	Arc	7	3	1.5	3	1	2	3	2	3	11	
6	J	45	198	1	2	15	-	-	2	Arc	7	3	1.5	3	2	2	3	2	3	12	
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					

Comentarios : Macizo Rocosos de Buena Calidad Geotecnica, ligeramente meteorizado y fracturado, con 2 fracturas por metro resistencia de la roca de 100-200 Mpa (R5), con presencia de rellenos de limos y arcillas.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado - Debil

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	21
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	20
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	30
MINING ROCK MASS RATING 2001						71
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.96
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.9
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						60
MRMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	
IDENTIFICACION EN EL PLANO			60			
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA

Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica. Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS

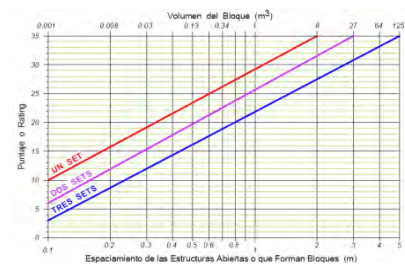
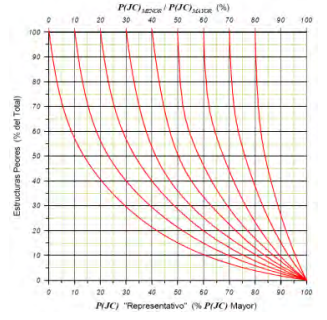
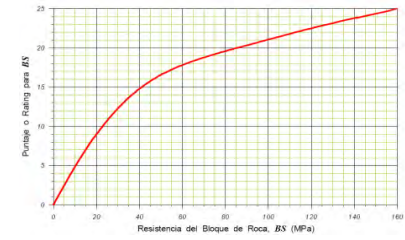
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 l/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 l/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas c/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
5	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
5	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACIÓN

Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38



CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Qq	FUENTE: PROPIA				
	E: 550305.65	E: 550320.36	DIP	DIP DIR	ALTERACION:		PROYECTO :				
	N: 64703.63	N: 64700.72	68	185	UCS 3 (Mpa):	194.53	CELDA:	3325	N	5	6

ID	CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)								CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)											
	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor
1	J	57	222	1	2	12	-	-	1	AI	9	4	1.5	1	2	2	4	4	4	16
2	JS	59	008	3	1	15	0.3	0.5	1	Ca	7	3.5	1.5	2	2	3	3	4	3	15
3	JS	37	205	4	1	>15	0.25	0.3	0	AI	3	3.5	1	1	1	3	1	4	4	13
4	JS	35	266	3	1	15	0.4	0.5	0	De	5	3.5	1	2	2	3	1	4	3	13
5	F	38	062	1	30	>15	-	-	0	Pz	5	0.5	1	10	-	-	-	-	-	0
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios : Macizo Rocoso de Regular Calidad Geotecnica, ligeramente meteorizado, fracturado, con 4 a 5 fracturas por metro resistencia de la roca de 100 - 200 Mpa (R5), con presencia de rellenos duros de calcita.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado - Debil

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	22
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	11
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	32

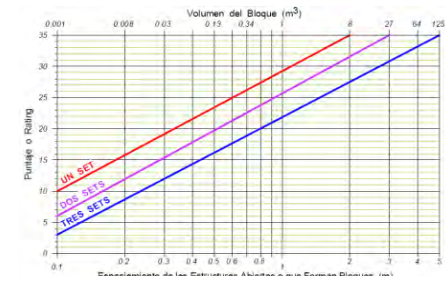
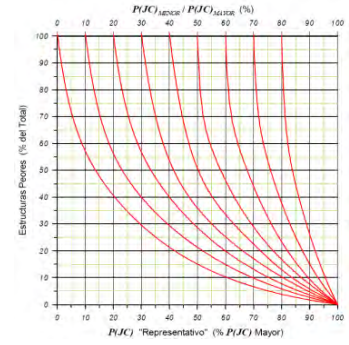
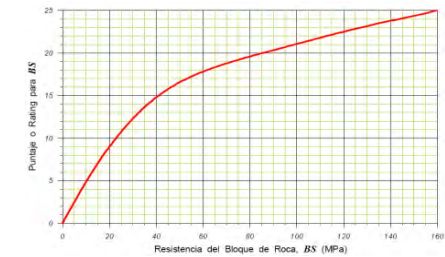
MINING ROCK MASS RATING 2001						65
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.9
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.95
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						54
MRMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	
IDENTIFICACION EN EL PLANO			54			
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA	
Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting))	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS	
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS				
Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas c/r la Vertical	Rating Asociado a Jc		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
	4	0.70	0.80	0.90
4	3	0.75	0.80	0.95
	2	0.85	0.90	0.95
5	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION					
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	> 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38



CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di	FUENTE: PROPIA				
	E: 549749.66	E: 549763.02	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Prop	PROYECTO :	3310			
	N: 64550.27	N: 64557.08	67	153	UCS 3 (Mpa):	120.51	CELDA:	3325	NO	5	11

ID	CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)										VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)																
	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION	
1	JS	83	201	2	1	15	0.5	0.9	0	Ai	5	4	1	1	1	3	1	4	4	4	13	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	21
2	JS	32	137	2	1	>20	0.5	1.2	0	Ai	5	3.5	1	2	0	3	1	4	4	4	12						
3	J	59	352	1	3	>20	-	-	0	Arc	7	3	1.5	3	0	1	3	2	1	7							
4	JS	80	104	1	<1	8	1.0	1.5	2	Ai	7	4	1.5	1	3	3	3	4	4	17							
5																											
6																											
7																											
8																											
9																											
10																											
11																											

Comentarios : Macizo Rocoso de Buena Calidad Geotecnica, ligeramente fracturado con 2 fracturas por metro

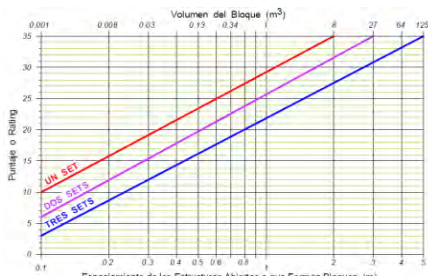
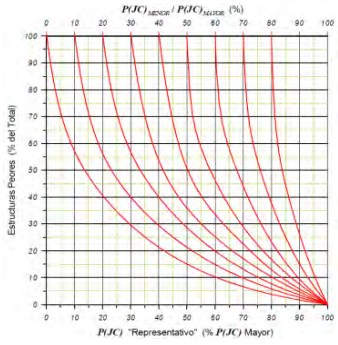
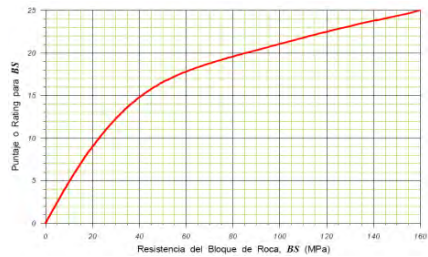
resistencia de la roca de 50-100 Mpa (R4), con presencia de rellenos duros o sin relleno.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Debil

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	21
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	20
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	32
MINING ROCK MASS RATING 2001						73
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.96
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.95
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						65
MRMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	
IDENTIFICACION EN EL PLANO				65		
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA	
Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS	
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80



FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS				
Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas c/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
5	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACIÓN					
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38

CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di	FUENTE: PROPIA				
	E: 549660.87	E: 549672.92	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Prop	PROYECTO :	3340			
	N: 64496.73	N: 64505.65	70	146	UCS 3 (Mpa):	190.21	CELDA:	3325	NO	5	12

ID	Tipo de Estructura	Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)								CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)										
		Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor
1	JS	44	108	3	<1	15	0.35	0.5	0	Ai	5	4	1	1	1	3	1	4	5	14
2	JS	86	110	1	5	>15	-	-	0	Arc	7	2	1.5	3	1	1	1	2	1	6
3	JS	80	207	3	1	6	0.3	0.35	2	De	7	3	1.5	2	3	3	1	2	3	12
4	JS	56	122	4	1	10	0.3	0.5	1	Arc	9	3	2	3	2	3	1	2	1	9
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios : Macizo Rocoso de Regular Calidad Geotecnica, ligeramente meteorizado, fracturado con 4 fracturas por metro.
 resistencia de la roca de 100-200 Mpa (R4.5), con presencia de rellenos de arcillas.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Moderado

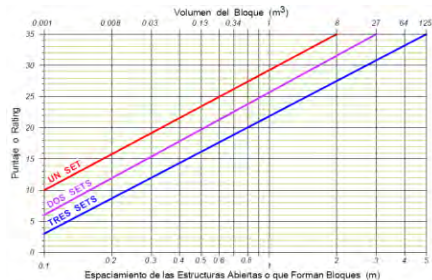
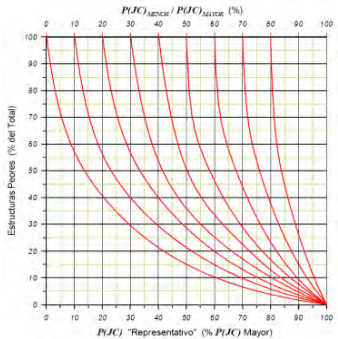
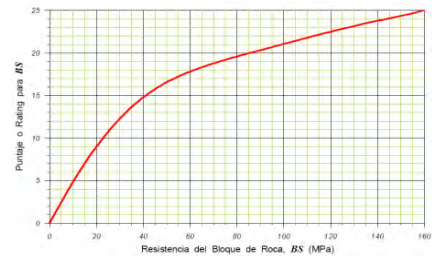
VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	21
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	14
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	30

MINING ROCK MASS RATING 2001					
Factor de Ajuste por Intemperización (A weather)					0.96
Ajuste por Orientación de las Estructuras					0.9
Ajuste por Esfuerzos Inducidos por la Minería					1
Ajuste por Voladura					0.97
Ajuste por Agua					1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO					54

MRMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
IDENTIFICACION EN EL PLANO			54		
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA	
Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS	
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80



FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS				
Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas c/ la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
5	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION					
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38

CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

		DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :		Di		FUENTE: PROPIA																
		E:	549581.1		E:	549593.23		DIP		DIP DIR		ALTERACION:		Prop		PROYECTO :	3310													
		N:	64443.77		N:	64452.59		65		144		UCS / σ_t :		109.17		10.29		CELDA:	3325 NO 5 13											
CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)															VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)															
ID	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno					Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION				
										JRC	JCS	JR	JA	Resistencia de la roca intacta (BS)							Resistencia de la roca intacta (BS)	Resistencia de la roca intacta (BS)	Resistencia de la roca intacta (BS)	Resistencia de la roca intacta (BS)						
1	JS	57	094	4	1	15	0.35	0.3	0	Ai	5	3	1	2	2	3	1	2	3	11	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	18				
2	JS	81	215	3	2	15	0.3	0.4	0	Arc	7	2.5	1.5	3	1	2	3	2	1	9	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	16				
3	JS	27	188	3	1	>20	0.4	0.5	0	Ai	7	3	1.5	1	0	3	3	2	3	11	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	30				
4	JS	25	180	3	2	>20	0.35	0.5	0	Arc	5	3	1	3	0	2	1	2	3	8	MINING ROCK MASS RATING 2001					64				
5																					FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)					0.9				
6																					AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS					0.9				
7																					AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA					1				
8																					AJUSTE POR VOLADURA					0.97				
9																					AJUSTE POR AGUA					1				
10																					MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO					50				
11																					MRMR					0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
Comentarios :		Macizo Rocoso de Regular Calidad Geotecnica, alterado y meteorizado, fracturado con 4 fracturas por metro																												
		resistencia de la roca de 25-50 Mpa (R3), con presencia de rellenos blando de arcillas.																												
Ubicación de Celda en Campo:		Control Estructural:			Moderado																									

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA

Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica. Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS

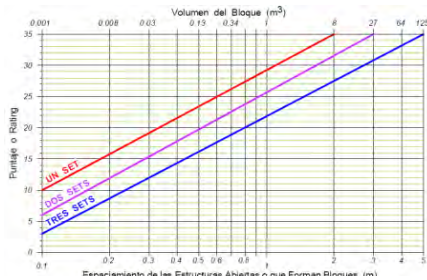
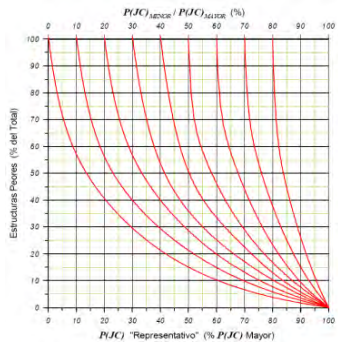
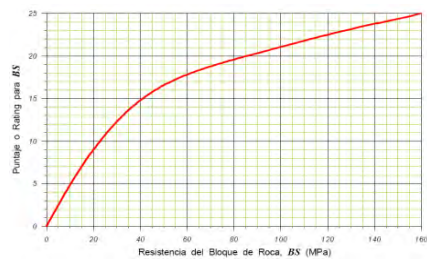
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min. con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min. con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas c/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
5	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACIÓN

Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	> 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38



CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di	FUENTE: PROPIA					
	E: 549472.73	E: 549483.61	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Prop	PROYECTO :	3310				
	N: 64359.74	N: 64370.07	63	141	UCS / σt:	68.62	6.47	CELDA:	3325	NO	5	14

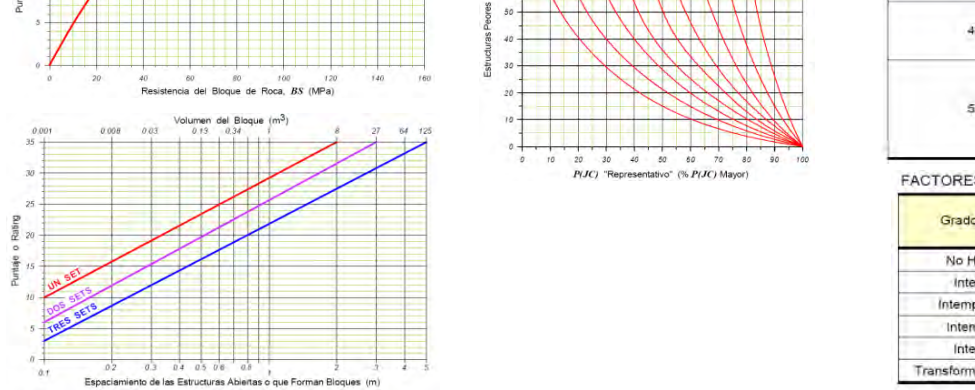
ID	Tipo de Estructura				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)				Tipo de Relleno				Valor							
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor						
1	JS	46	158	5	>15	0.15	0.2	0	Ca	5	3.5	1	1	1	3	1	4	3	12	
2	JS	78	211	3	2	12	0.35	0.6	1	Arc	7	3	1.5	3	3	2	3	2	1	11
3	JS	66	306	4	1	>15	0.25	0.3	0	Ca	7	3.5	1.5	1	1	3	3	4	3	14
4	J	49	118	1	3	15	-	-	1	Ca	7	2	2	2	2	1	3	2	3	11
5	F	78	338	1	300	>20	-	-	0	Bf	3	0.5	0.5	20	-	-	-	-	0	
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				

Comentarios : Macizo Rocoso de Mala Calidad Geotecnica, alterado, muy fracturado con 6 fracturas por metro

resistencia de la roca de 50 - 100 MPa, con presencia de rellenos de calcita.

- Falla de 30cm de espesor con relleno de brechas de falla y panizo

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Fuerte



VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	14
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	10
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	28

MINING ROCK MASS RATING 2001						52
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.9
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.9
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						41

MRMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
IDENTIFICACION EN EL PLANO			41		
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA		FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS	
Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste	Condición	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00	Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97	Infiltraciones de 25 a 125 l/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94	Infiltraciones > 125 l/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80
Tronaduras de Mala Calidad	0.80		

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS				
Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas a la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
5	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION					
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38

CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE E: 549378.29 N: 64278.18	HASTA E: 549390.12 N: 64287.39	ORIENTACION DEL TALUD DIP DIP DIR 65 140		ROCA : ALTERACION: UCS / σt:	Di Prop 142.10 13.39	FUENTE: PROPIA PROYECTO : CELDA: 3325 NO 5 15			
--	--	--	---	--	------------------------------------	---------------------------------	---	--	--	--

ID	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)					Valor						
										Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA		Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	
1	JS	45	158	5	1	>15	0.15	0.2	0	Ai	5	3.5	1	1	1	3	1	4	4	13	
2	JS	86	210	3	1	10	0.35	0.5	2	Ca	7	3.5	1	1	3	3	3	4	3	16	
3	JS	64	300	4	2	>15	0.25	0.3	0	Ca	7	3.5	1	2	1	2	3	2	3	11	
4	JS	62	158	4	1	>15	0.20	0.25	0	Ca	5	3.5	1	1	1	3	1	4	4	13	
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					
10																					
11																					

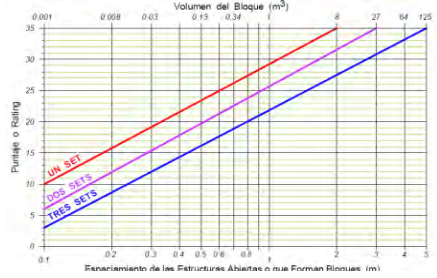
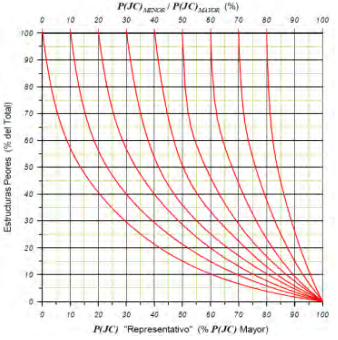
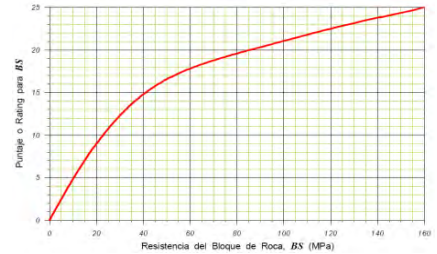
Comentarios : Macizo Rocoso de Regular Calidad Geotecnica, moderadamente alterado, fracturado con 4 fracturas por metro

resistencia de la roca de 150 MPa, con presencia de rellenos de calcita.

Ubicación de Celda en Campo: Control Estructural: Debil

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	19
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	14
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	32
MINING ROCK MASS RATING 2001						65
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.9
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.95
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						54
MRMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100	
IDENTIFICACION EN EL PLANO			54			
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA	

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA		FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS	
Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste	Condición	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica, Sin Tronadura	1.00	Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97	Infiltraciones de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94	Infiltraciones > 125 lt/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80
Tronaduras de Mala Calidad	0.80		



FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS				
Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Inclinadas c/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
4	4	0.70	0.80	0.90
	3	0.75	0.80	0.95
5	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION					
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	> 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62

CLASIFICACION LAUBCHER (2001)

	DESDE E: 549302.59 N: 64212.8	HASTA E: 549314.08 N: 64222.44	ORIENTACION DEL TALUD DIP 65	DIP DIR 139	ROCA : ALTERACION: UCS / σ _t	Di Prop 157.97	FUENTE: PROPIA PROYECTO : CELDA: 3325 NO 5 16			
--	---	--	---	-----------------------	---	----------------------	---	--	--	--

ID	Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)										CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES (JC 1976)																
	Tipo de Estructura		N de Estructuras		Abertura / Espesor (mm)		Continuidad (m)		Espaciamiento (m)		Oversize (m)		N de Extremos Visibles		Tipo de Relleno		Continuidad		Abertura		Rugosidad		Relleno		Meteorizacion		Valor
	Dip	Dip Dir																									
1	JS	33	105	4	1	>15	0.3	0.5	0	Ca	5	3.5	1	1	1	2	1	4	4	4	4	4	4	4	12		
2	JS	55	298	3	1	>20	0.4	0.5	0	Ca	7	3.5	1.5	2	0	2	3	4	4	3	3	4	3	12			
3	JS	82	204	4	<1	15	0.3	0.35	0	Ca	7	3.5	1.5	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	16			
4	JS	28	108	5	1	>20	0.2	0.25	0	Al	5	3.5	1	1	0	2	1	4	4	4	4	4	4	11			
5	JS	69	286	1	3	>15	0.4	0.6	0	Ca	7	3.5	1.5	1	1	1	3	4	4	4	4	4	4	13			
6																											
7																											
8																											
9																											
10																											
11																											

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (M.R.M.R.) / CLASIFICACION LAUBCHER (2001)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES - VALOR ESTIMADO					VALORACION
Resistencia de la roca intacta (BS)	25-21	20-16	15-11	10-6	5-0	20
Espaciado de discontinuidades (JS)	35-29	28-16	21-15	14-8	7-0	13
La condicion de las discontinuidades/ agua (JC)	40-33	32-25	24-17	16-9	8-0	32

MINING ROCK MASS RATING 2001						65
FACTOR DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION (A weather)						0.96
AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS						0.95
AJUSTE POR ESFUERZOS INDUCIDOS POR LA MINERIA						1
AJUSTE POR VOLADURA						0.97
AJUSTE POR AGUA						1
MINING ROCK MASS RATING 2001 AJUSTADO						58

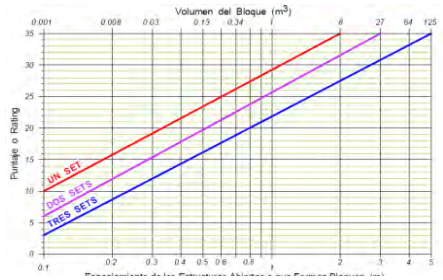
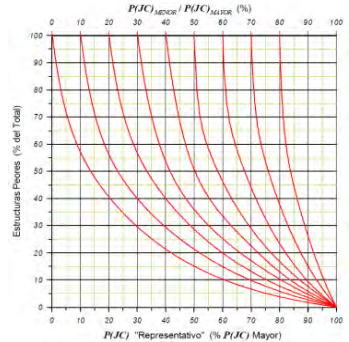
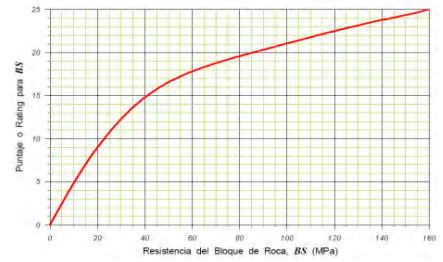
MRMR	0 - 20	21 - 40	41 - 60	61 - 80	81 - 100
IDENTIFICACION EN EL PLANO					
CALIDAD GEOTECNICA	MUY MALA	MALA	REGULAR	BUENA	MUY BUENA

FACTORES DE AJUSTE POR TRONADURA	
Tipo de Tronadura	Factor de Ajuste
Excavación Mecánica. Sin Tronadura	1.00
Tronaduras Controladas (smooth-wall blasting)	0.97
Tronaduras Convencionales de Buena Calidad	0.94
Tronaduras de Mala Calidad	0.80

FACTORES DE AJUSTE POR AGUAS	
Condición	Factor de Ajuste
Macizo rocoso húmedo	0.95 a 0.90
Infiltraciones de 25 a 125 lt/min, con presiones de 1 a 5 MPa	0.90 a 0.80
Infiltraciones > 125 lt/min, con presiones > 5 MPa	0.70 a 0.80

FACTORES DE AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS ESTRUCTURAS				
Número de Estructuras que definen el Bloque	Número de Caras del Bloque Incluidas c/r la Vertical	Rating Asociado a JC		
		0 a 15	16 a 30	31 a 40
3	3	0.70	0.80	0.95
	2	0.80	0.90	0.95
	4	0.70	0.80	0.90
4	3	0.75	0.80	0.95
	2	0.85	0.90	0.95
	5	0.70	0.75	0.80
5	4	0.75	0.80	0.85
	3	0.80	0.85	0.90
	2	0.85	0.90	0.95
	1	0.90	0.95	

FACTORES DE AJUSTE POR INTEMPERIZACION					
Grado de Intemperización	Tiempo de Intemperización (años)				
	0.5	1	2	3	≥ 4
No Hay Intemperización	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Intemperización Leve	0.88	0.90	0.92	0.94	0.96
Intemperización Moderada	0.82	0.84	0.86	0.88	0.90
Intemperización Intensa	0.70	0.72	0.74	0.76	0.78
Intemperización Total	0.54	0.56	0.58	0.60	0.62
Transformación en Suelo Residual	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38



CLASIFICACIÓN GSI

CLASIFICACIÓN GSI - INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA (HOEK, 1994)

POR: ANDREA BEDOYA
SECTOR: NORTE Y NOROESTE

CELDA	ORIENTACION DEL TALUD		LITOLOGIA	RQD%	ESTRUCTURA DEL MACIZO	CONDICION DE LAS ESTRUCTURAS	GSI
	DIP	DIP DIR					
3265_N_4_20	67	205	DA	80	MB-	B-	50-60
3265_N_4_21	74	170	DA	100	B+	MB-	75-85
3265_N_4_22	74	170	DA	95	MB-	B+	55-65
3265_N_4_23	67	165	DA	45	MB-	R-	40-45
3265_N_4_24	67	170	DA	90	MB+	MB-	65-75
3265_N_4_25	68	170	Qq	55	MB+	R+	50-60
3325_N_5_1	67	155	BX	60	MB+	B+	60-70
3325_N_5_2	66	167	BX	60	MB-	B-	50-60
3325_N_5_3	76	160	DA	78	MB+	B+	60-70
3325_N_5_4	70	207	BX	55	MB-	R+	45-55
3325_N_5_5	70	208	BX	90	B-	R+	55-65
3325_N_5_6	68	185	Qq	55	MB-	B-	50-60
3265_NO_5_1	68	151	DI	85	B+	B-	65-75
3265_NO_5_2	68	142	DI	95	B+	B+	70-80
3265_NO_5_3	70	138	DI	80	B+	R+	60-70
3265_NO_5_4	63	142	DI	70	B-	M+	45-55
3265_NO_5_5	65	115	DI	90	B+	B+	70-80
3265_NO_5_6	66	113	DI	85	B+	B-	65-75
3325_NO_5_11	67	153	DI	95	B+	B-	65-75
3325_NO_5_12	70	146	DI	45	MB+	R-	45-55
3325_NO_5_13	65	144	DI	55	MB-	R+	45-55
3325_NO_5_14	63	141	DI	25	BPD+	R-	35-45
3325_NO_5_15	65	140	DI	40	MB-	B-	50-60
3325_NO_5_16	65	139	DI	45	MB+	R+	50-60

INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA MACIZOS ROCOSOS FRACTURADOS
(Marinos & Hoek (2000))

Estime el valor tipico de *GSI* considerando el tipo de roca, la estructura del macizo rocoso, y la condición de las discontinuidades.

NO trate de ser demasiado preciso. De hecho, el considerar $33 \leq GSI \leq 37$ es más realista que considerar $GSI = 35$. Note que esta tabla NO es aplicable a problemas con control estructural. Si hay estructuras desfavorablemente orientadas, ellas controlarán el comportamiento del macizo rocoso.

En aquellos casos en que la resistencia al corte de las estructuras podría ser afectada por la humedad, deberá considerarse la eventual presencia de agua. Esto puede hacerse "desplazando hacia la derecha" el rango estimado para *GSI*.

La presión del agua no se considera al evaluar el rango de *GSI*, ya que la misma se incorpora posteriormente en los análisis geotécnicos, los que se desarrollan considerando esfuerzos efectivos.

CONDICION DE LAS ESTRUCTURAS

MUY BUENA Muy rugosas, cajas frescas o no intemperizadas	BUENA Rugosas, cajas ligeramente intemperizadas y algo oxidadas.	REGULAR Lisas, cajas moderadamente intemperizadas y algo alteradas	MALA Pulidas, cajas meteorizadas, con patinas o con rellenos y/o fragmentos angulosos	MUY MALA Pulidas, cajas muy meteorizadas, con patinas o con rellenos de arcilla blanca
--	--	--	---	--

ESTRUCTURA DEL MACIZO

DISMINUYE LA CALIDAD →

INTACTA o MASIVA Probetas de roca intacta. Macizos masivos o con pocas y muy espaciadas estructuras.	90			N/A	N/A
BLOCOSA Macizos con 3 sets de estructuras, que definen bloques cúbicos, bien trabados entre si.	80			50	40
MUY BLOCOSA Macizos con 4 sets de estructuras, o más, que definen bloques angulosos y trabados, pero que están parcialmente perturbados.	70				30
BLOCOSA VETEADA Macizos plegados y con bloques angulosos formados por la intersección de muchas estructuras. Los planos de estratificación y/o esquistosidad son persistentes.	60				20
DESINTEGRADA Macizo fuertemente fracturado, con una mezcla de bloques angulosos y redondeados, pobremente trabados.					10
LAMINADA / CIZALLADA Macizo con planos débiles (cizalle y/o esquistosidad), muy poco espaciados entre si y que no definen bloques.				N/A	N/A

DISMINUYE TRABAZON ENTRE BLOQUES ↓

CLASIFICACIÓN SLOPE MASS RATING

CLASIFICACION SMR

POR: ANDREA BEDOYA
SECTOR: NORTE Y NOROESTE

CELDA	ORIENTACION DEL TALUD		LITOLOGIA	RMR	TIPO DE ESTRUCTURA	ORIENTACION		SMR
	DIP	DIP DIR				DIP	DIP DIR	
3265_N_4_20	67	205	DA	63	JS	62	260	63
					JS	28	345	73
					F	28	345	73
					JS	85	160	73
3265_N_4_21	74	170	DA	72	JS	55	192	55
					JS	55	276	78
					JS	48	20	75
					F	78	348	58
3265_N_4_22	74	170	DA	66	JS	52	205	47
					JS	84	50	71
					JS	80	81	76
					F	82	42	71
3265_N_4_23	67	165	DA	50	JS	52	205	47
					JS	80	281	56
					JS	80	180	59
					F	88	200	60
3265_N_4_24	67	170	DA	66	F	48	190	38
					JS	32	185	47
					JS	80	145	75
					JS	77	200	75
3265_N_4_25	68	170	DA	57	F	86	130	67
					JS	68	128	60
					JS	74	200	66
					JS	44	215	55
3325_N_5_1	67	155	Qq	61	JS	54	210	54
					F	86	130	67
					F	86	130	67
					JS	34	195	60
3325_N_5_2	66	167	BX-QS	54	JS	82	104	71
					JS	43	105	60
					JS	53	195	58
					JS	74	48	67
3325_N_5_3	76	160	DA	67	F	60	65	67
					JS	59	70	60
					JS	25	230	60
					JS	84	103	64
3325_N_5_4	70	207	BX	50	JS	82	37	59
					JS	9	193	60
					F	60	65	60
					JS	71	235	68
3325_N_5_5	70	208	BX	67	JS	48	245	69
					JS	8	115	75
					JS	77	135	71
					F	30	75	72
3325_N_5_6	68	185	Qq	57	JS	31	156	52
					JS	57	287	51
					JS	86	220	59
					F	74	56	51
3265_NO_5_1	68	151	Qq	73	JS	33	206	35
					JS	65	43	59
					JS	59	8	43
					JS	37	205	40
3265_NO_5_2	68	142	Qq	79	JS	35	266	60
					F	38	62	67
					JS	35	148	38
					JS	35	91	75
3265_NO_5_3	70	138	DI	67	JS	63	160	35
					JS	70	325	59
					JS	77	19	84
					JS	30	70	63
3265_NO_5_4	63	142	DI	59	JS	79	20	73
					JS	57	170	60
					JS	72	205	69
					JS	43	145	17
3265_NO_5_5	65	115	DI	76	JS	30	6	69
					JS	40	132	53
					F	66	0	63
					JS	79	92	69
3265_NO_5_6	66	113	DI	73	JS	43	90	64
					JS	74	305	64
					JS	42	78	68
					JS	65	292	58
3325_NO_5_11	67	153	DI	71	JS	45	96	48
					JS	83	201	81
					JS	32	137	54
					JS	80	184	81
3325_NO_5_12	70	146	DI	53	JS	44	108	49
					JS	86	110	63
					JS	80	207	63
					JS	56	122	39
3325_NO_5_13	65	144	DI	52	JS	57	94	51
					JS	81	215	62
					JS	27	188	56
					JS	25	180	56
3325_NO_5_14	63	141	DI	41	JS	46	148	16
					JS	78	211	51
					JS	66	306	33
					F	78	338	35
3325_NO_5_15	65	140	DI	56	JS	45	158	29
					JS	86	210	66
					JS	64	300	53
					JS	92	158	34
3325_NO_5_16	65	139	DI	58	JS	33	105	56
					JS	55	298	61
					JS	82	204	68
					JS	28	108	59
					JS	69	286	61
					JS			

CLASIFICACIÓN SMR

3265_N_4_20

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_20
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	63	
-----------	----	--

Slope	α_s	205°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	260°	
	β_j or β_i	62°	

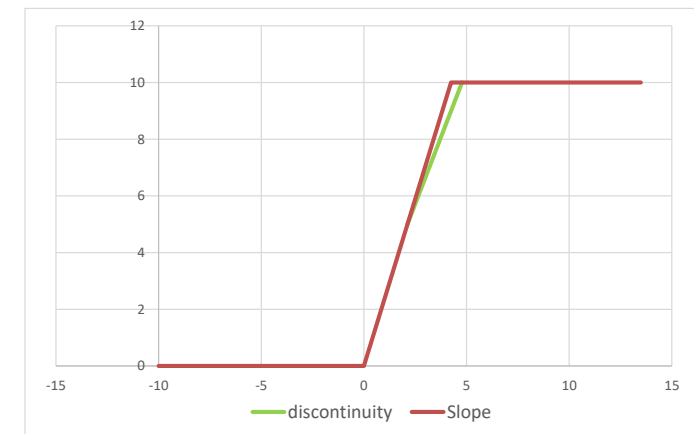
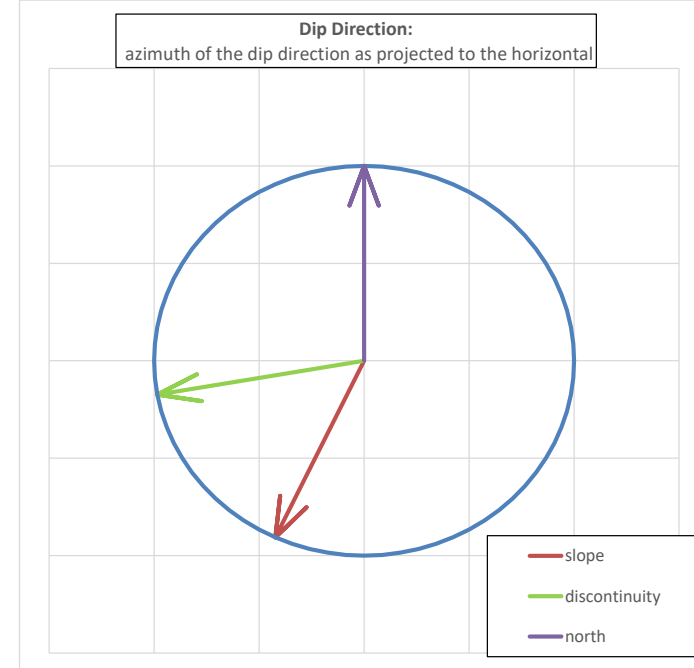
Auxiliar angles (degrees)	A	55°
	B	62°
	C	-5°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→	Romana (1993)	Tomás et al (2007)
Coefficients ↓	Discrete values	Continuous values
F_1	0.15	0.19
F_2	1.00	0.97
F_3	-50.00	-56.23
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-8	-10

Excavation method	Presplitting
F_4	10

	Discrete	Continuous
SMR	65	63
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_20
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	63	
-----------	----	--

Slope	α_s	205°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	345°	
	β_j or β_i	28°	

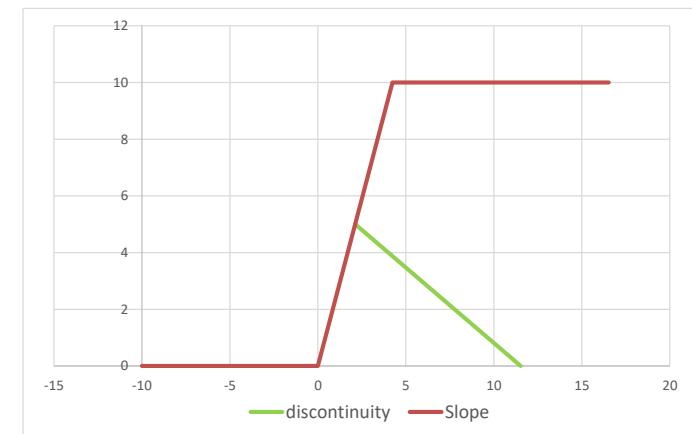
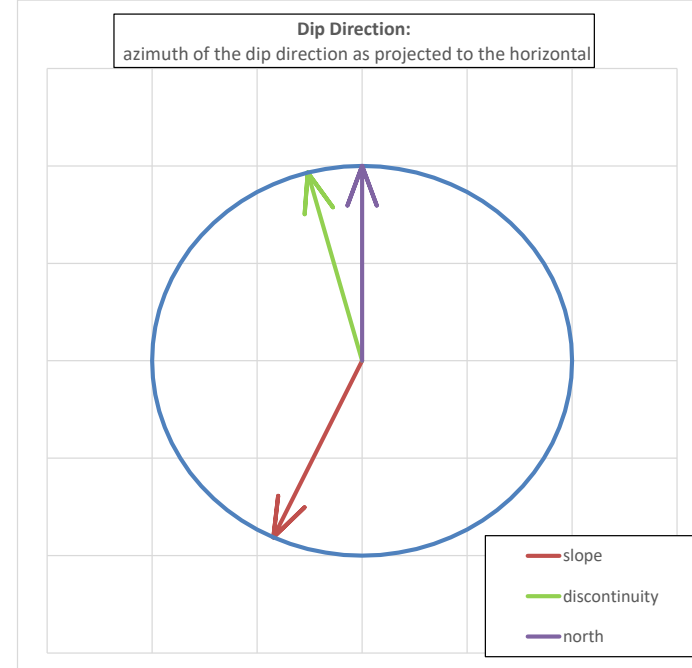
Auxiliar angles (degrees)	A	40°
	B	28°
	C	95°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.24
F ₂	1.00	1.00
F ₃	0.00	-0.47
F ₁ x F ₂ x F ₃	0	0

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	73	73
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_20
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	63	
-----------	----	--

Slope	α_s	205°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	160°	
	β_j or β_i	85°	

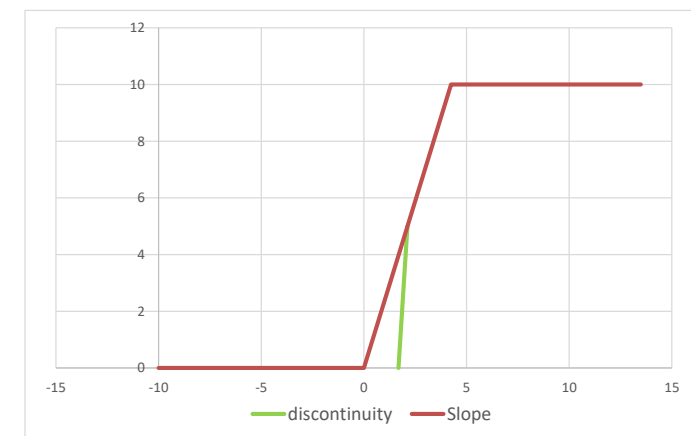
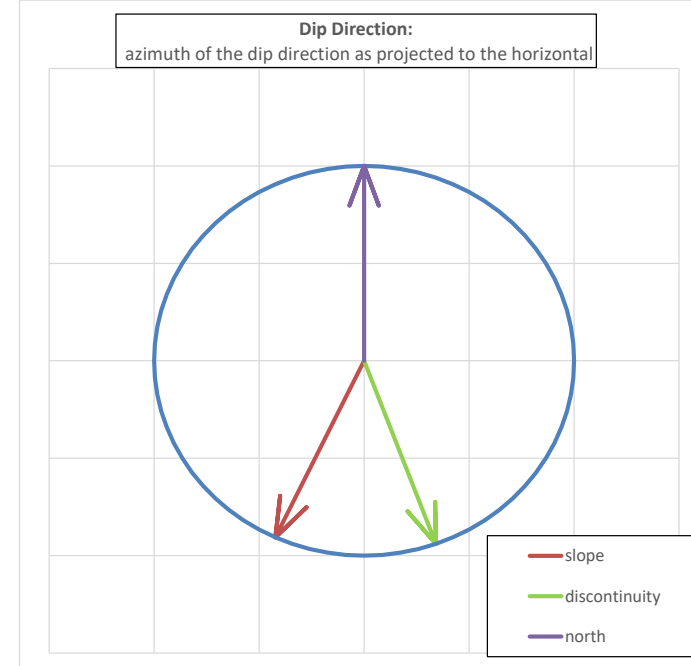
Auxiliar angles (degrees)	A	45°
	B	85°
	C	18°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.22
F_2	1.00	0.99
F_3	0.00	-1.06
$F_1 \times F_2 \times F_3$	0	0

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	73	73
Class	II	II

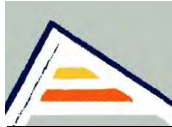
	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional



CLASIFICACIÓN SMR

3265_N_4_21

- F1
- F2
- JS1
- JS2
- JS3



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_21
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	72	<div style="width: 72%;"></div>
-----------	----	---------------------------------

Slope	α_s	170°	<div style="width: 170%;"></div>
	β_s	74°	<div style="width: 74%;"></div>
Discontinuity	α_j or α_i	348°	<div style="width: 348%;"></div>
	β_j or β_i	78°	<div style="width: 78%;"></div>

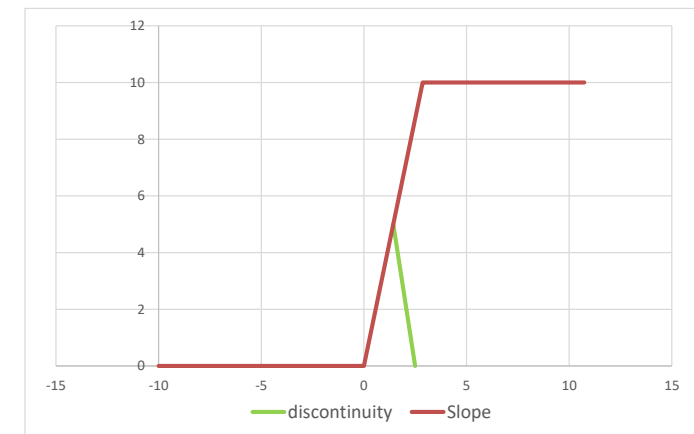
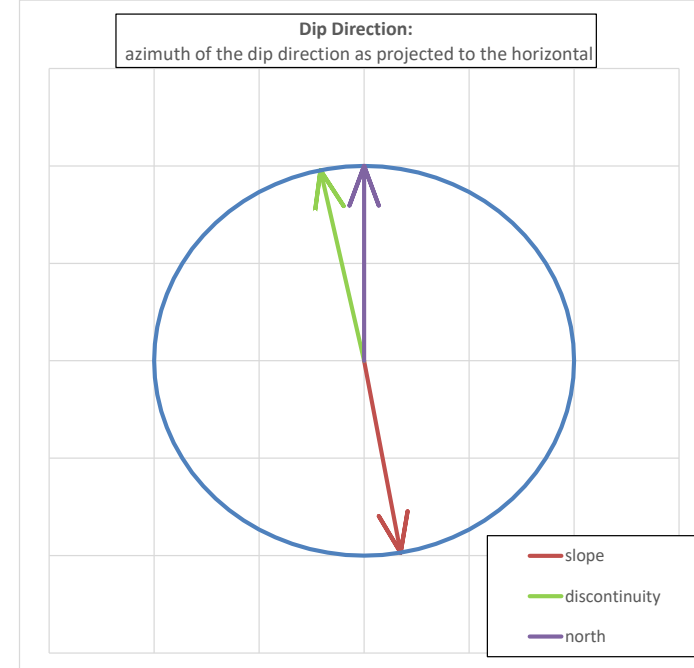
Auxiliar angles (degrees)	A	2°
	B	78°
	C	152°
Failure Type	Toppling	

Authors→	Romana (1993)	Tomás et al (2007)
Coefficients ↓	Discrete values	Continuous values
F ₁	1.00	0.98
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-25.60
F ₁ x F ₂ x F ₃	-25	-25

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	57	57
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_21
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	72	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	74°	
Discontinuity	α_j or α_i	160°	
	β_j or β_i	62°	

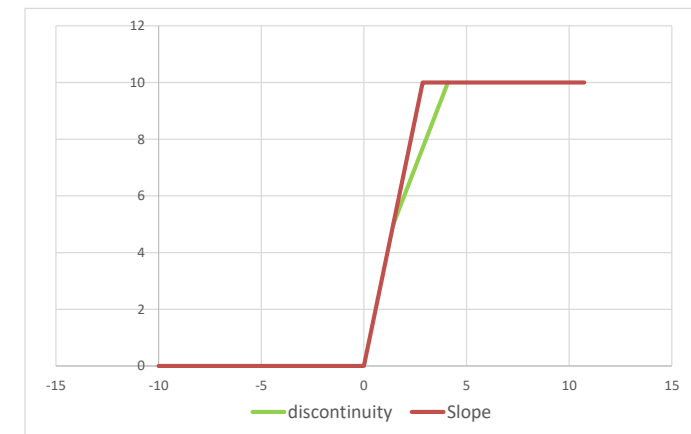
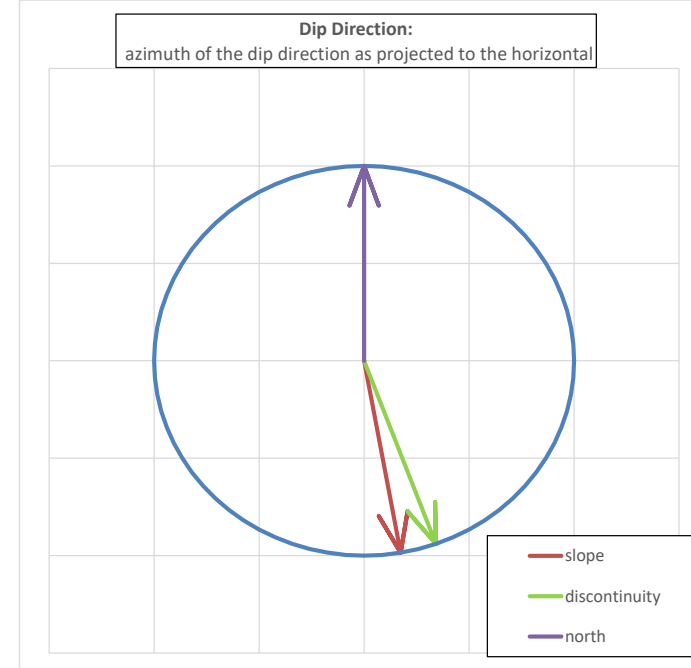
Auxiliar angles (degrees)	A	10°
	B	62°
	C	-12°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.70	0.85
F ₂	1.00	0.97
F ₃	-60.00	-58.41
F ₁ x F ₂ x F ₃	-42	-48

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	40	34
Class	IV	IV

	Discrete	Continuous
Description	Bad	Bad
Stability	Unstable	Unstable
Failures	Planar or big wedges	Planar or big wedges
Support	Important/corrective	Important/corrective





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_21
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	72	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	74°	
Discontinuity	α_j or α_i	192°	
	β_j or β_i	55°	

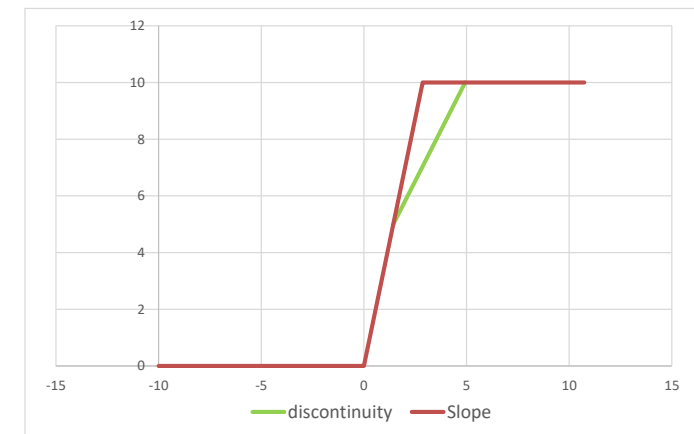
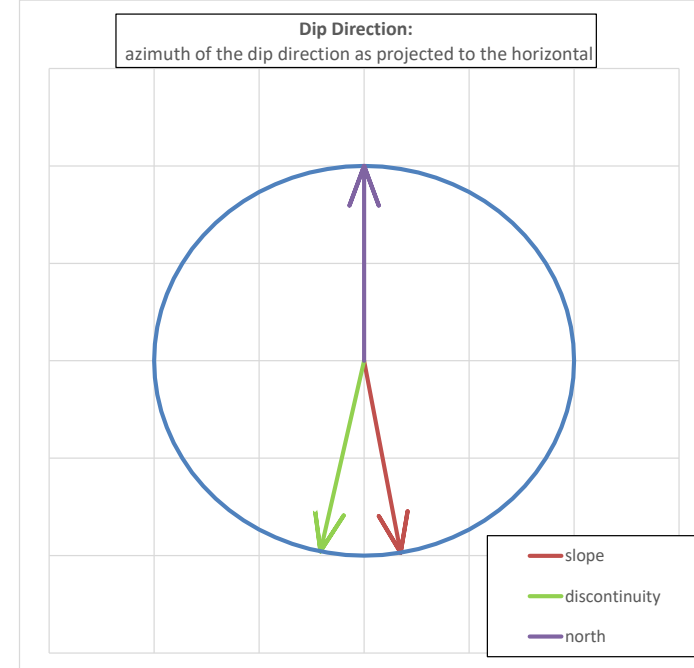
Auxiliar angles (degrees)	A	22°
	B	55°
	C	-19°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.40	0.48
F ₂	1.00	0.96
F ₃	-60.00	-59.00
F ₁ x F ₂ x F ₃	-24	-27

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	58	55
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_21
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	72	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	74°	
Discontinuity	α_j or α_i	276°	
	β_j or β_i	55°	

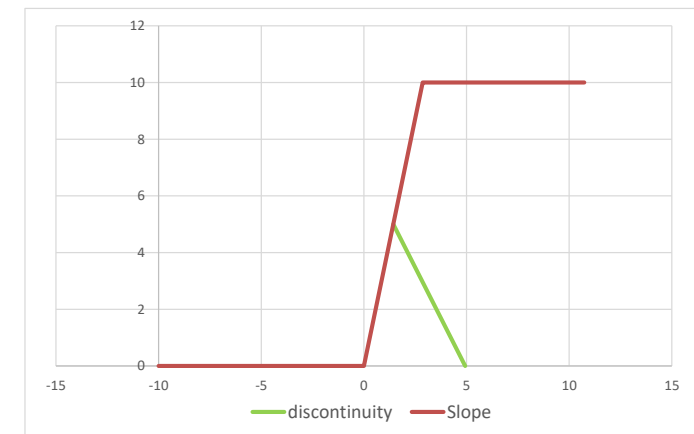
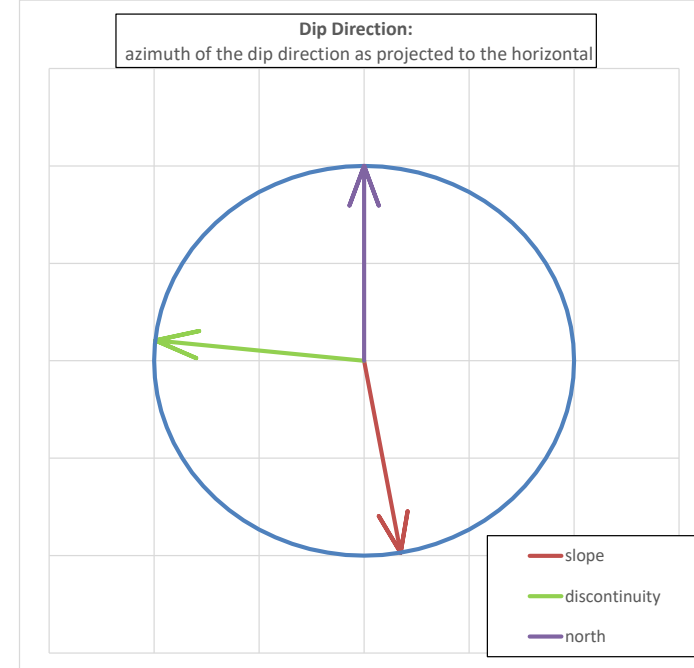
Auxiliar angles (degrees)	A	74°
	B	55°
	C	129°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.16
F_2	1.00	1.00
F_3	-25.00	-24.95
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-4	-4

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	78	78
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_21
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	72	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	74°	
Discontinuity	α_j or α_i	20°	
	β_j or β_i	48°	

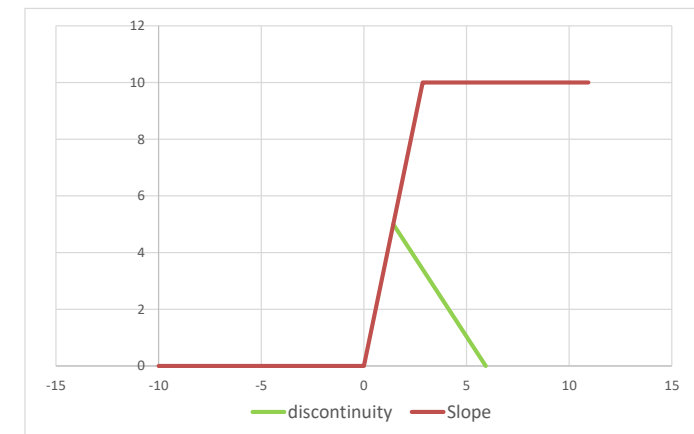
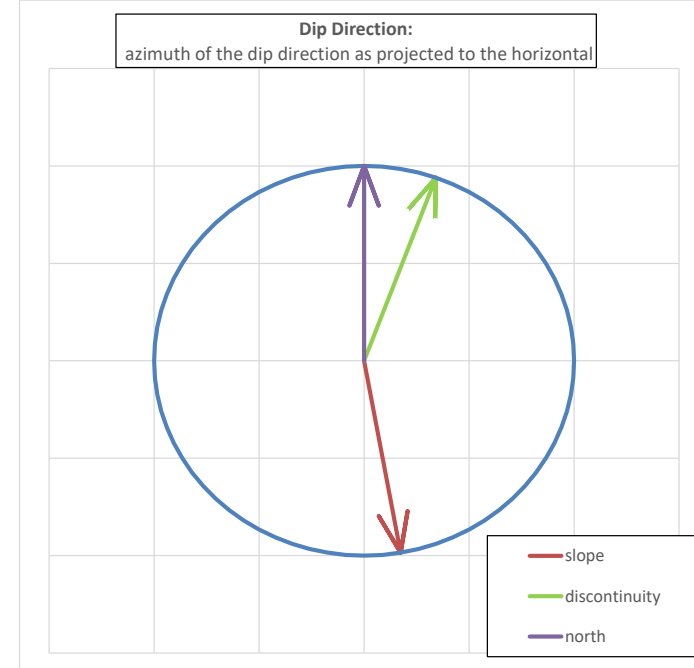
Auxiliar angles (degrees)	A	30°
	B	48°
	C	122°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.33
F_2	1.00	1.00
F_3	-25.00	-22.06
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-4	-7

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	78	75
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional



CLASIFICACIÓN SMR

3265_N_4_2

➤ F

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_22
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	66	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	74°	
Discontinuity	α_j or α_i	42°	
	β_j or β_i	82°	

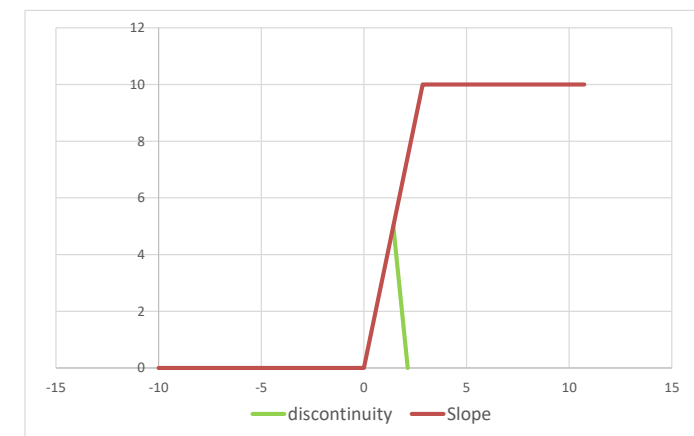
Auxiliar angles (degrees)	A	52°
	B	82°
	C	156°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.20
F_2	1.00	1.00
F_3	-25.00	-25.63
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-4	-5

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	72	71
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_21
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	72	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	74°	
Discontinuity	α_j or α_i	192°	
	β_j or β_i	55°	

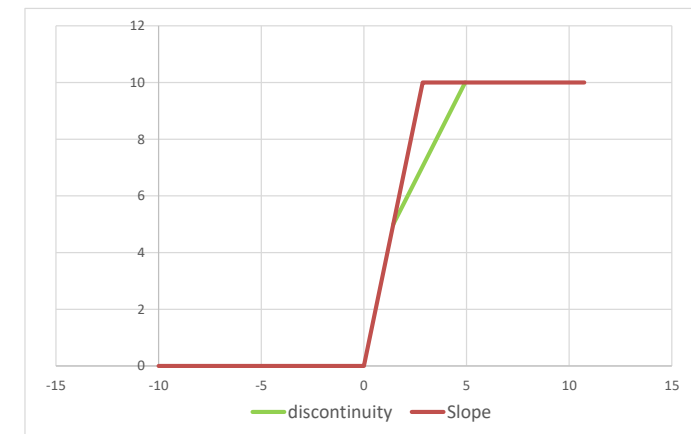
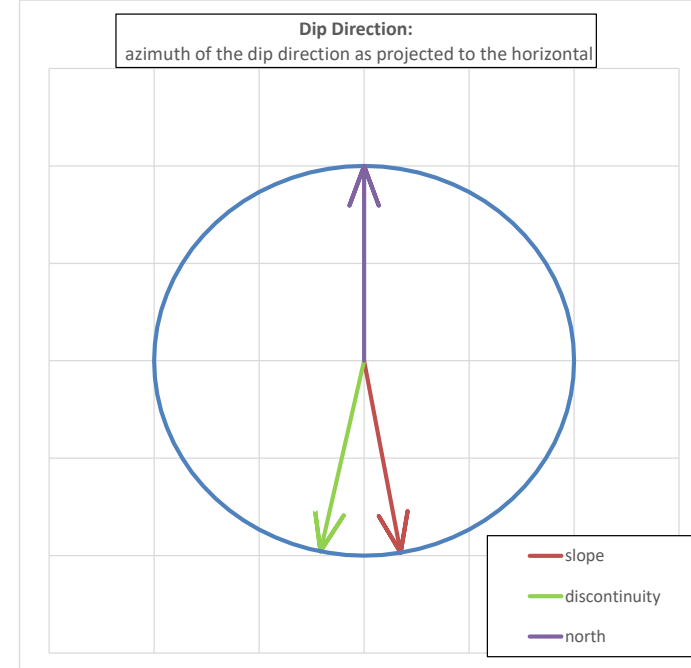
Auxiliar angles (degrees)	A	22°
	B	55°
	C	-19°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.40	0.48
F ₂	1.00	0.96
F ₃	-60.00	-59.00
F ₁ x F ₂ x F ₃	-24	-27

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	58	55
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_22
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	66	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	74°	
Discontinuity	α_j or α_i	50°	
	β_j or β_i	84°	

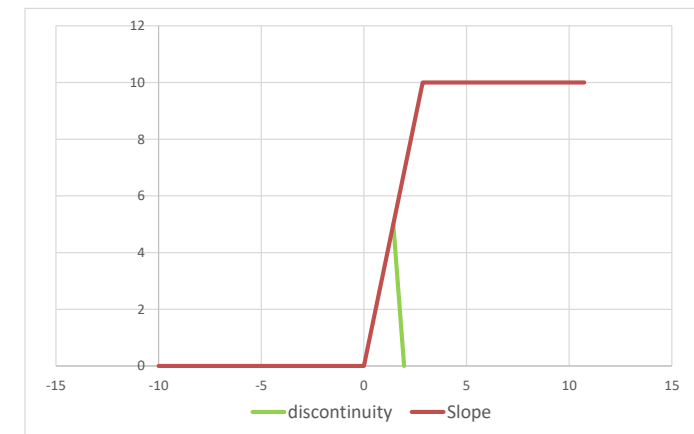
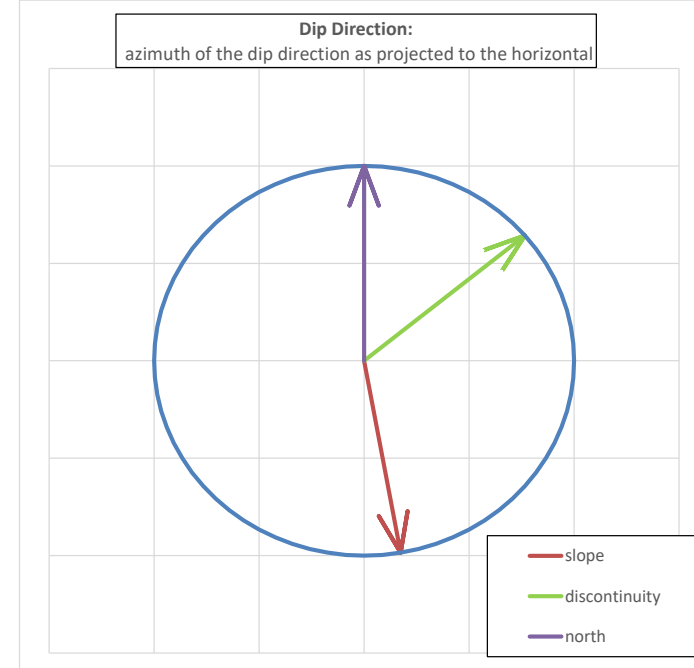
Auxiliar angles (degrees)	A	60°
	B	84°
	C	158°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.18
F_2	1.00	1.00
F_3	-25.00	-25.64
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-4	-5

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	72	71
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_22
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	66	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	74°	
Discontinuity	α_j or α_i	81°	
	β_j or β_i	80°	

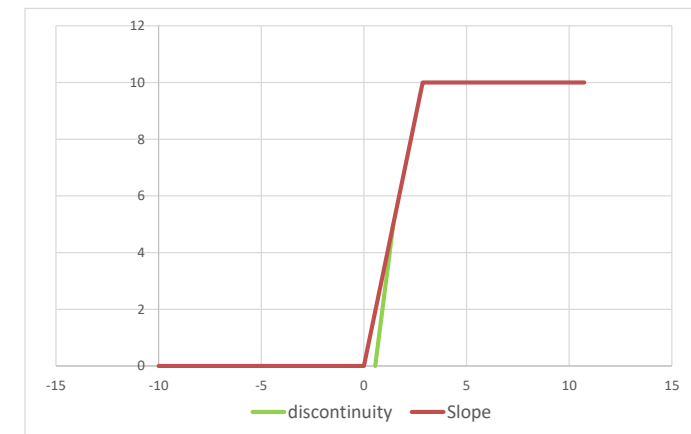
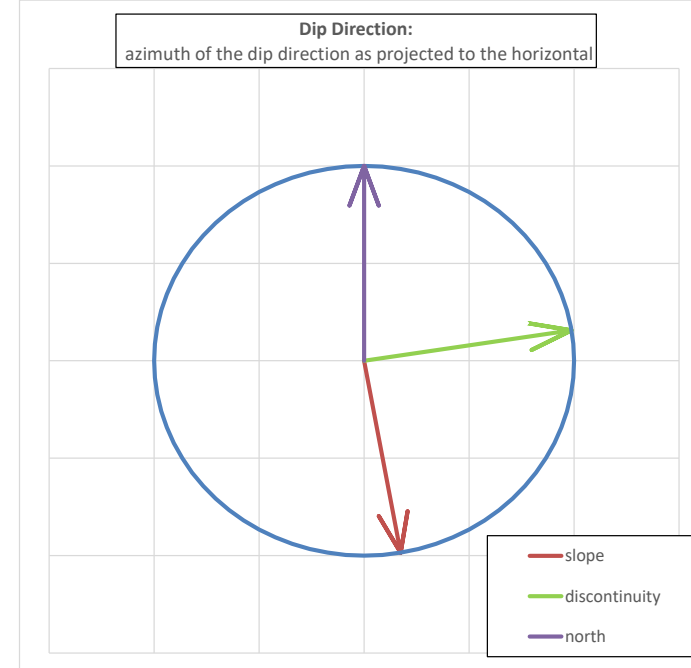
Auxiliar angles (degrees)	A	89°
	B	80°
	C	6°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.15
F_2	1.00	0.99
F_3	-6.00	-3.15
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-1	0

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	75	76
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional



CLASIFICACIÓN SMR

3265_N_4_23

- F1
- JS1
- JS2
- JS3



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_23
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	50	
-----------	----	--

Slope	α_s	165°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	200°	
	β_j or β_i	88°	

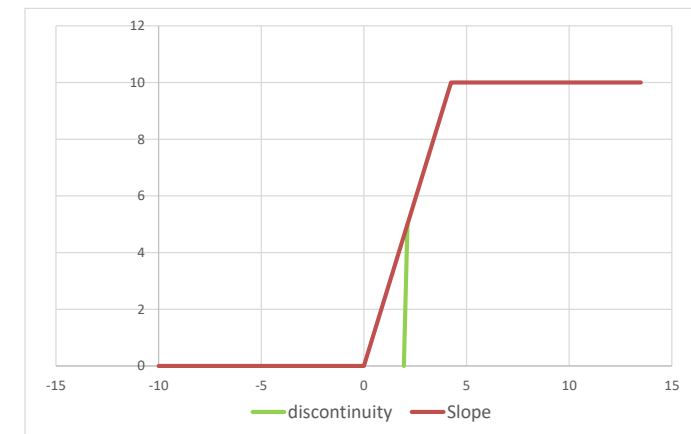
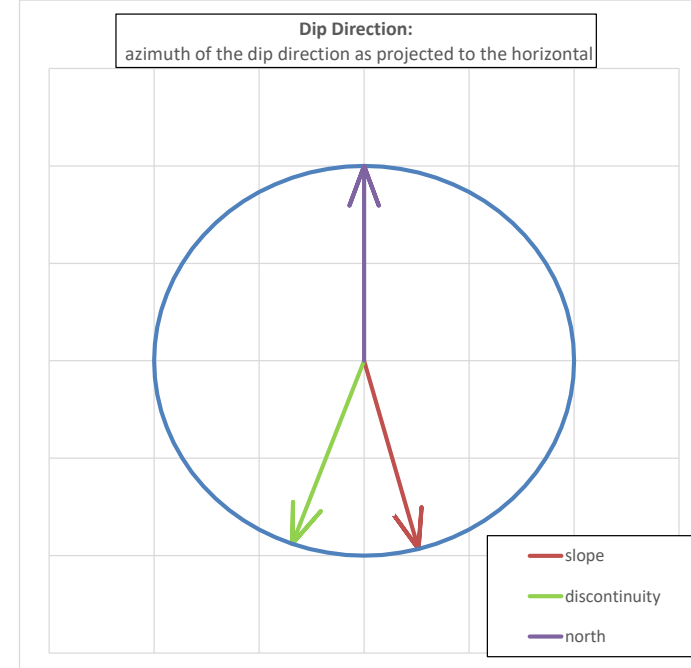
Auxiliar angles (degrees)	A	35°
	B	88°
	C	21°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.27
F ₂	1.00	0.99
F ₃	0.00	-0.91
F ₁ x F ₂ x F ₃	0	0

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	60	60
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_23
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	50	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
-----------	----	--

Slope	α_s	165°	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
	β_s	67°	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
Discontinuity	α_j or α_i	205°	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
	β_j or β_i	52°	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>

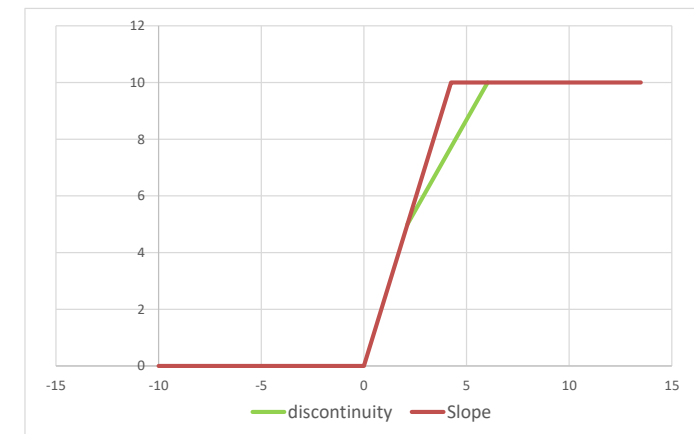
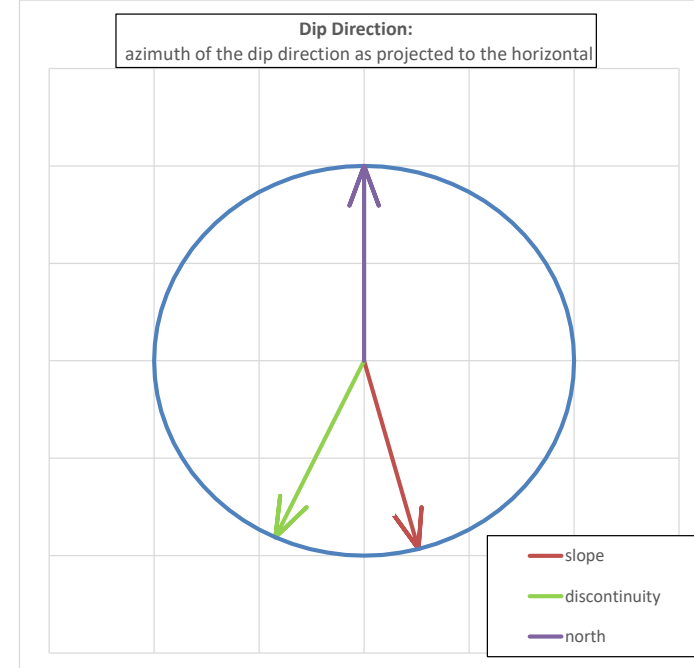
Auxiliar angles (degrees)	A	40°
	B	52°
	C	-15°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.24
F_2	1.00	0.95
F_3	-60.00	-58.73
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-9	-13

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	51	47
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_23
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	50	
-----------	----	--

Slope	α_s	165°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	281°	
	β_j or β_i	80°	

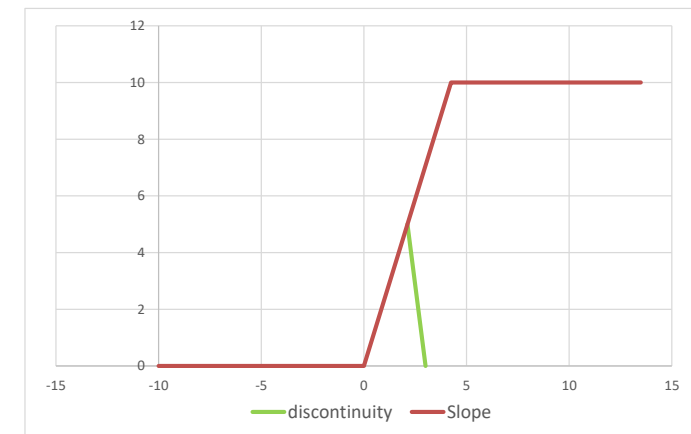
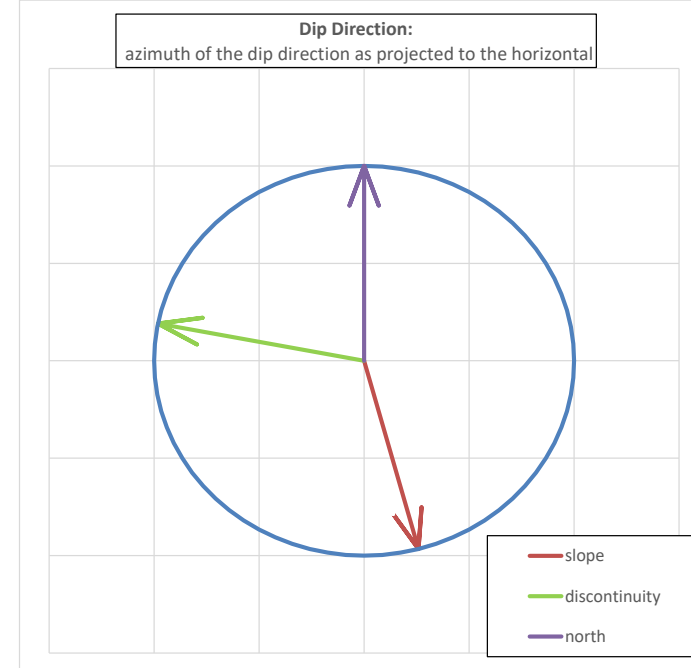
Auxiliar angles (degrees)	A	64°
	B	80°
	C	147°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.17
F_2	1.00	1.00
F_3	-25.00	-25.55
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-4	-4

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	56	56
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquirielme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_23
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	50	
-----------	----	--

Slope	α_s	165°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	180°	
	β_j or β_i	80°	

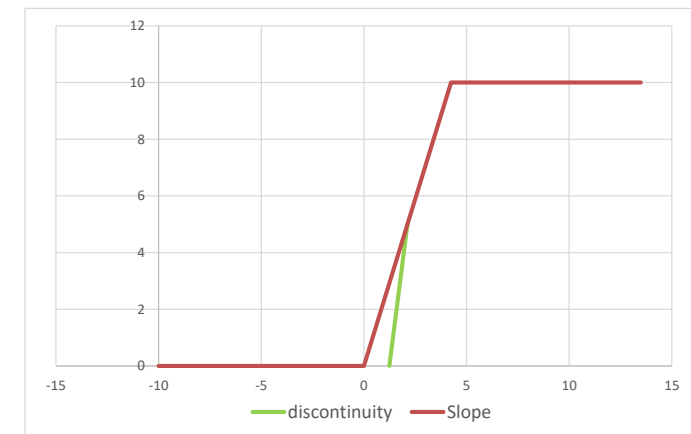
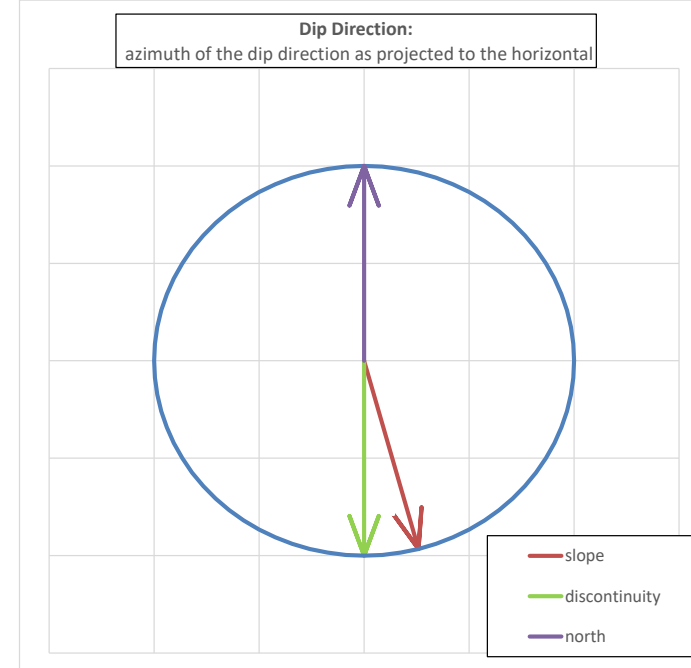
Auxiliar angles (degrees)	A	15°
	B	80°
	C	13°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.70	0.71
F ₂	1.00	0.99
F ₃	0.00	-1.47
F ₁ x F ₂ x F ₃	0	-1

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	60	59
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic



CLASIFICACIÓN SMR

3265_N_4_24

➤ F

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_24
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	66	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	130°	
	β_j or β_i	86°	

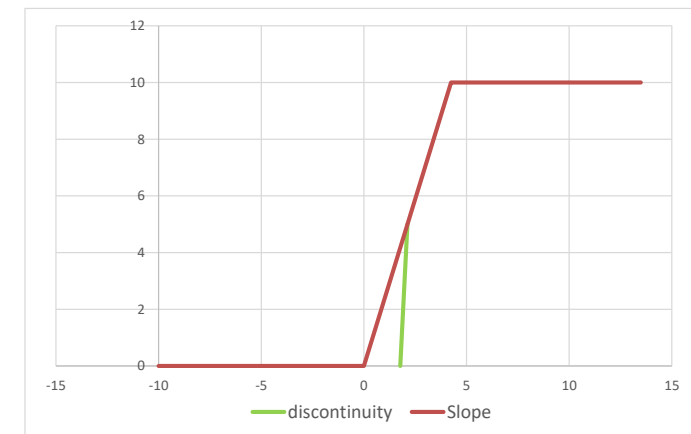
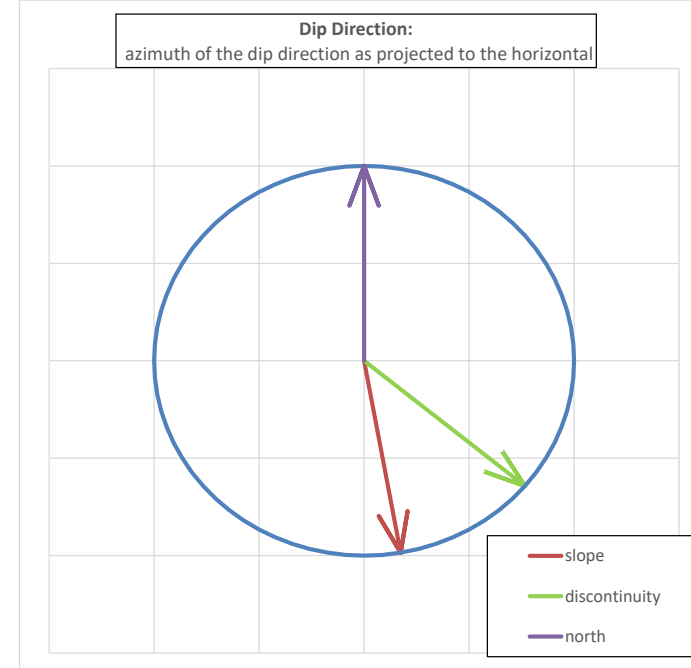
Auxiliar angles (degrees)	A	40°
	B	86°
	C	19°
Failure Type	Wedge/Planar	

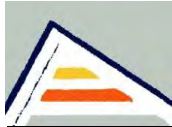
Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.24
F ₂	1.00	0.99
F ₃	0.00	-1.00
F ₁ x F ₂ x F ₃	0	0

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	76	76
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_23
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	50	
-----------	----	--

Slope	α_s	165°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	190°	
	β_j or β_i	48°	

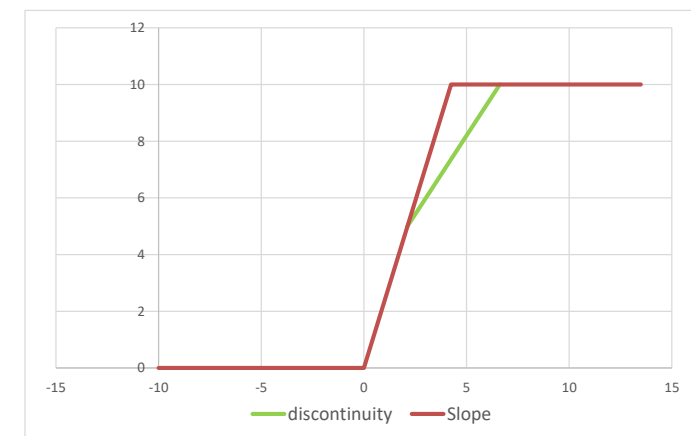
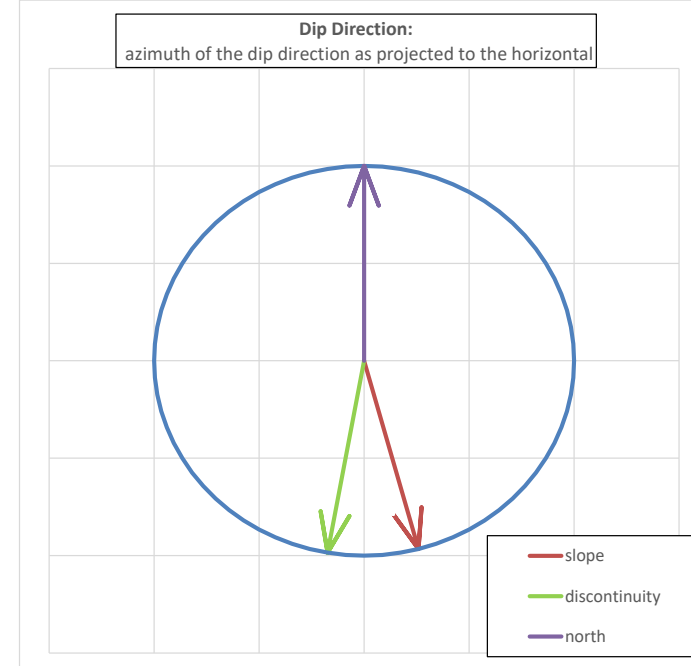
Auxiliar angles (degrees)	A	25°
	B	48°
	C	-19°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.40	0.41
F ₂	1.00	0.93
F ₃	-60.00	-59.00
F ₁ x F ₂ x F ₃	-24	-22

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	36	38
Class	IV	IV

	Discrete	Continuous
Description	Bad	Bad
Stability	Unstable	Unstable
Failures	Planar or big wedges	Planar or big wedges
Support	Important/corrective	Important/corrective





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_24
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	66	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	145°	
	β_j or β_i	80°	

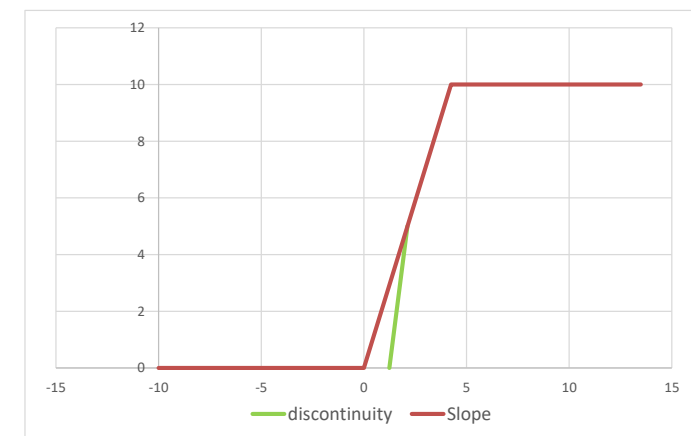
Auxiliar angles (degrees)	A	25°
	B	80°
	C	13°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.40	0.41
F_2	1.00	0.99
F_3	0.00	-1.47
$F_1 \times F_2 \times F_3$	0	-1

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	76	75
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_24
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	66	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	200°	
	β_j or β_i	77°	

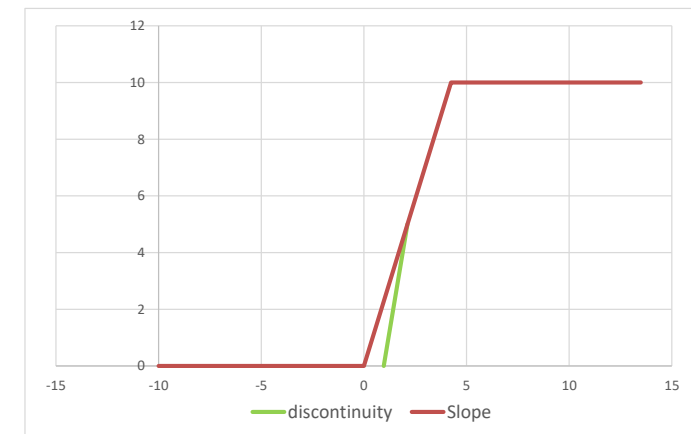
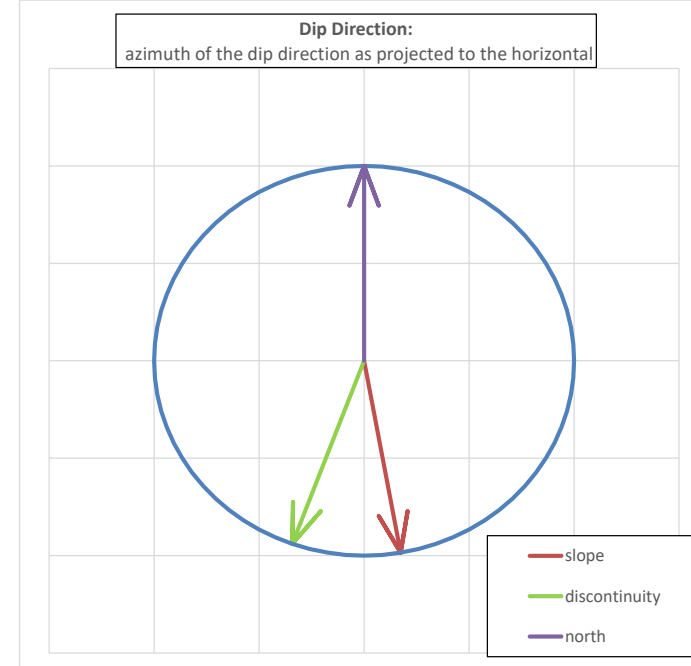
Auxiliar angles (degrees)	A	30°
	B	77°
	C	10°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.33
F ₂	1.00	0.99
F ₃	-6.00	-1.90
F ₁ x F ₂ x F ₃	-1	-1

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	75	75
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional



CLASIFICACIÓN SMR

3265_N_4_25

- F1
- JS1
- JS2
- JS3
- JS4



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_25
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	57	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	68°	
Discontinuity	α_j or α_i	130°	
	β_j or β_i	86°	

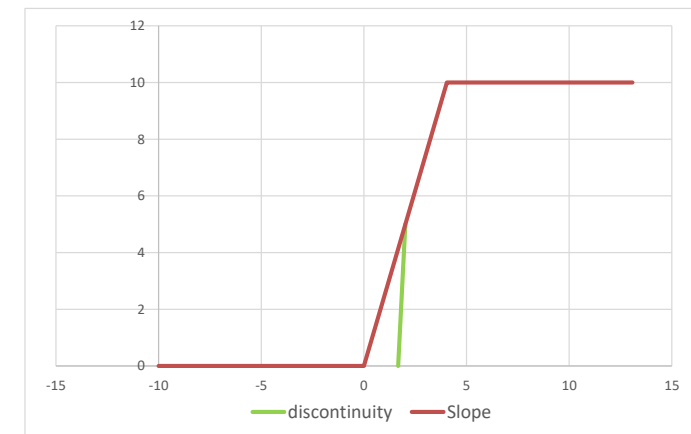
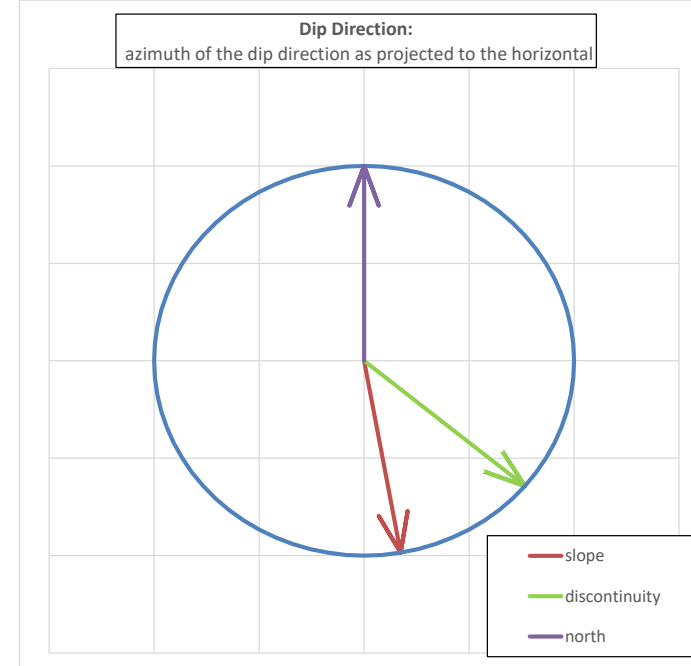
Auxiliar angles (degrees)	A	40°
	B	86°
	C	18°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.24
F ₂	1.00	0.99
F ₃	0.00	-1.06
F ₁ x F ₂ x F ₃	0	0

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	67	67
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_25
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	57	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	68°	
Discontinuity	α_j or α_i	128°	
	β_j or β_i	68°	

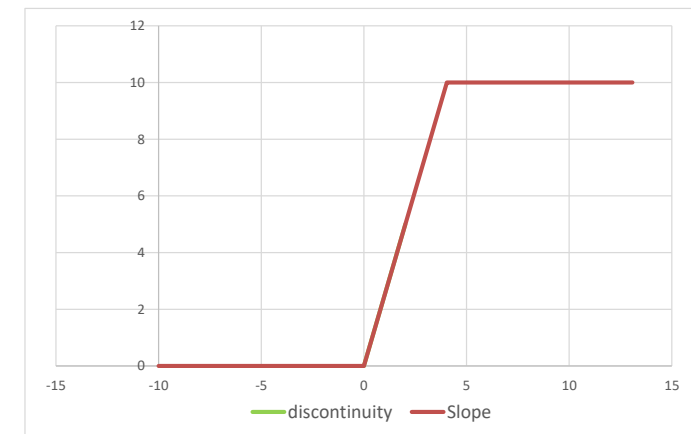
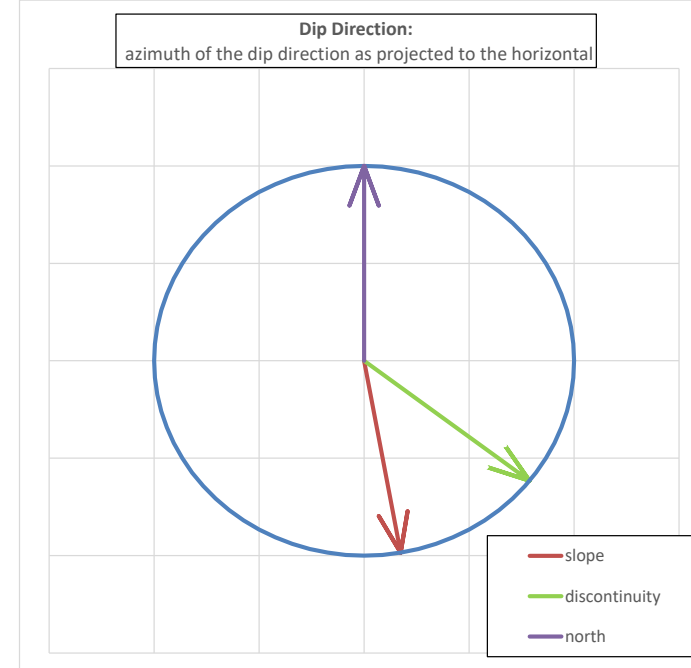
Auxiliar angles (degrees)	A	42°
	B	68°
	C	°
Failure Type	Wedge/Planar	

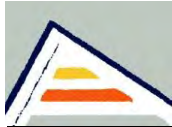
Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.23
F ₂	1.00	0.98
F ₃	-25.00	-30.00
F ₁ x F ₂ x F ₃	-4	-7

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	63	60
Class	II	III

	Discrete	Continuous
Description	Good	Normal
Stability	Stable	Partially stable
Failures	Some blocks	Some joints or many wedges
Support	Occasional	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_25
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	57	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	68°	
Discontinuity	α_j or α_i	200°	
	β_j or β_i	74°	

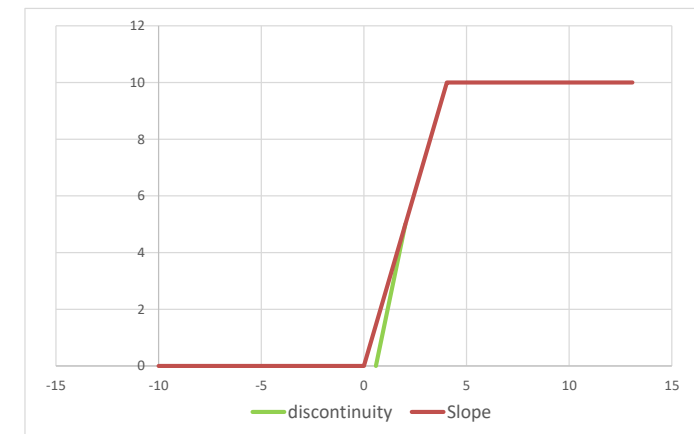
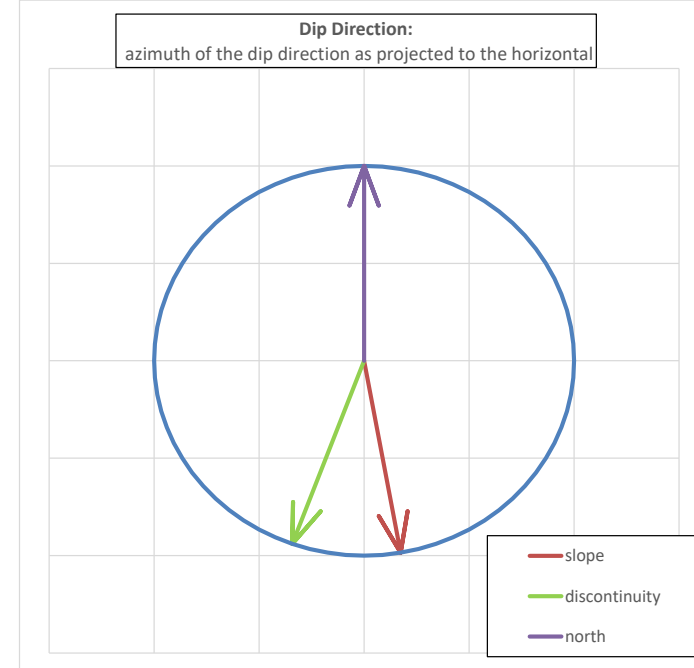
Auxiliar angles (degrees)	A	30°
	B	74°
	C	6°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.33
F ₂	1.00	0.99
F ₃	-6.00	-3.15
F ₁ x F ₂ x F ₃	-1	-1

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	66	66
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_25
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	57	
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	
	β_s	68°	
Discontinuity	α_j or α_i	215°	
	β_j or β_i	44°	

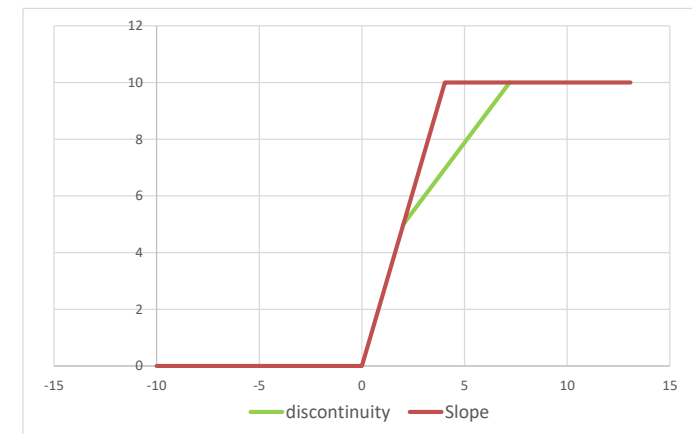
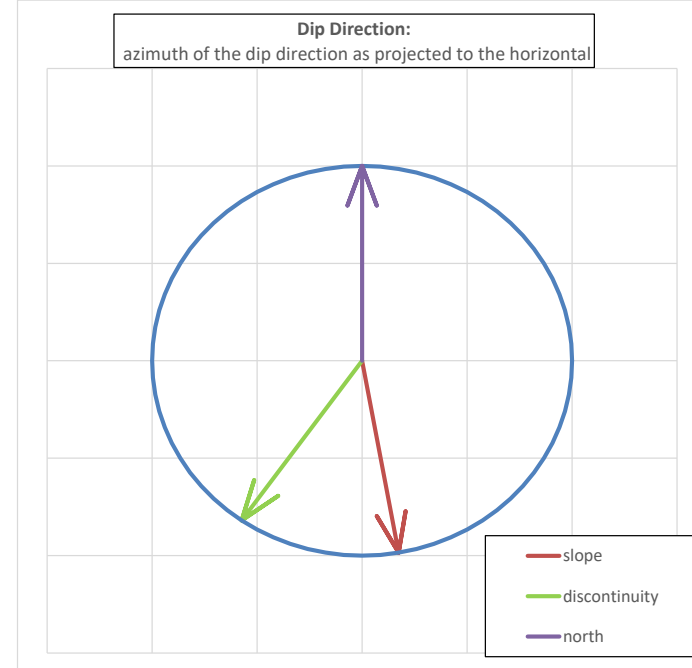
Auxiliar angles (degrees)	A	45°
	B	44°
	C	-24°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.22
F ₂	0.85	0.91
F ₃	-60.00	-59.20
F ₁ x F ₂ x F ₃	-8	-12

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	59	55
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_N_4_25
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	57	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
-----------	----	--

Slope	α_s	170°	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
	β_s	68°	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
Discontinuity	α_j or α_i	210°	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
	β_j or β_i	54°	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>

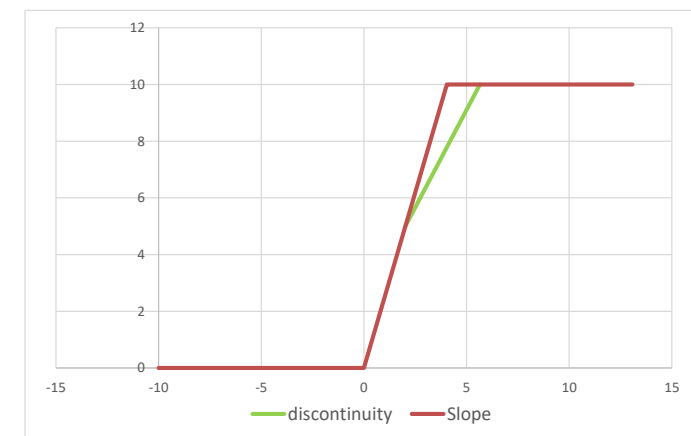
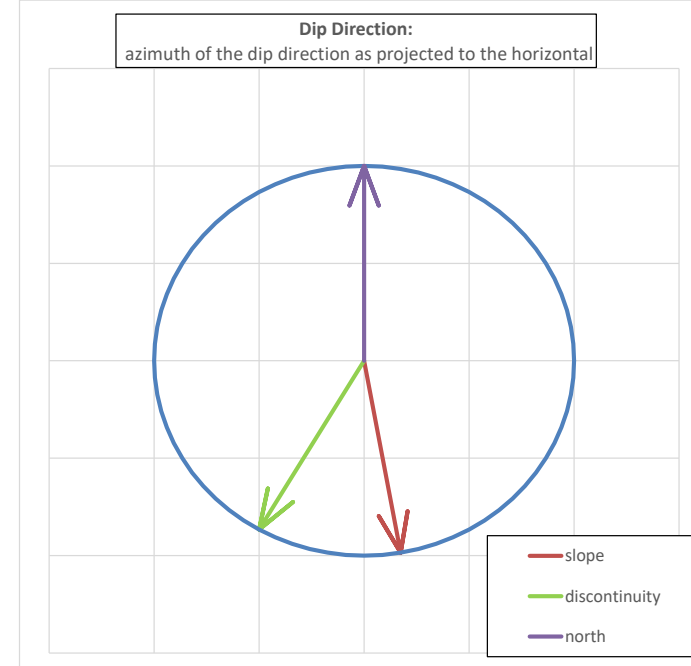
Auxiliar angles (degrees)	A	40°
	B	54°
	C	-14°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.24
F ₂	1.00	0.96
F ₃	-60.00	-58.64
F ₁ x F ₂ x F ₃	-9	-13

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	58	54
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic



CLASIFICACIÓN SMR

3265_NO_5_1

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3

➤ JS4



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_1
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	73	
-----------	----	--

Slope	α_s	151°	
	β_s	68°	
Discontinuity	α_j or α_i	148°	
	β_j or β_i	35°	

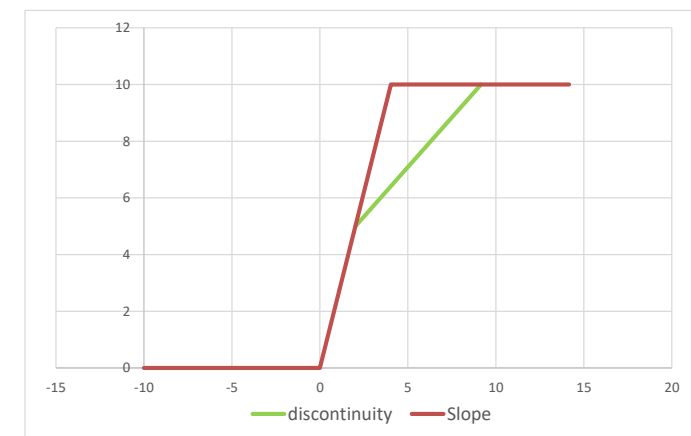
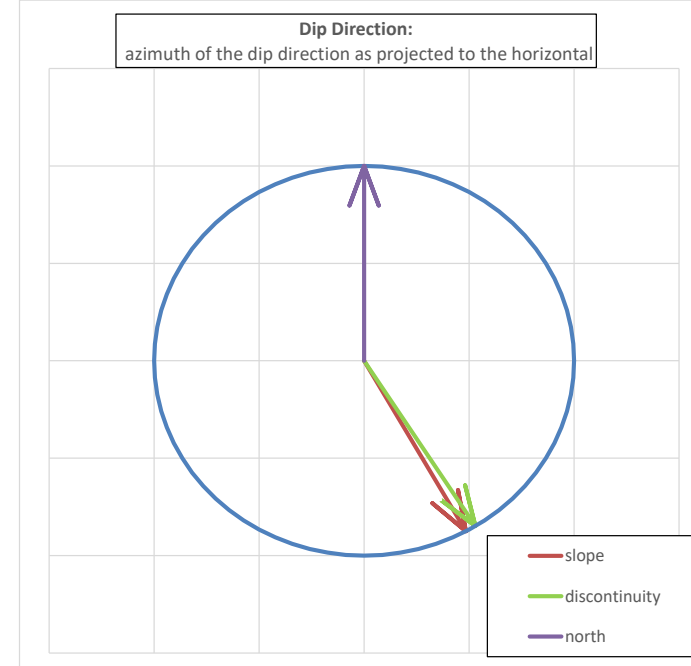
Auxiliar angles (degrees)	A	3°
	B	35°
	C	-33°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	1.00	0.97
F ₂	0.70	0.79
F ₃	-60.00	-59.42
F ₁ x F ₂ x F ₃	-42	-45

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	41	38
Class	III	IV

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Bad
Stability	Partially stable	Unstable
Failures	Some joints or many wedges	Planar or big wedges
Support	Systematic	Important/corrective





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_1
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	73	
-----------	----	--

Slope	α_s	151°	
	β_s	68°	
Discontinuity	α_j or α_i	91°	
	β_j or β_i	35°	

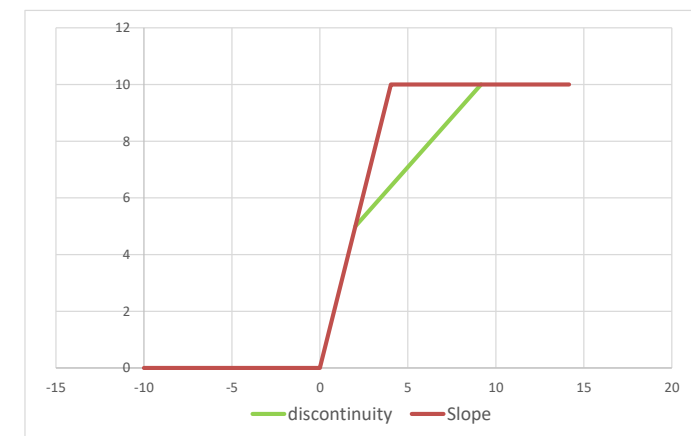
Auxiliar angles (degrees)	A	60°
	B	35°
	C	-33°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.18
F_2	0.70	0.79
F_3	-60.00	-59.42
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-6	-8

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	77	75
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_1
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	73	
-----------	----	--

Slope	α_s	151°	
	β_s	68°	
Discontinuity	α_j or α_i	160°	
	β_j or β_i	63°	

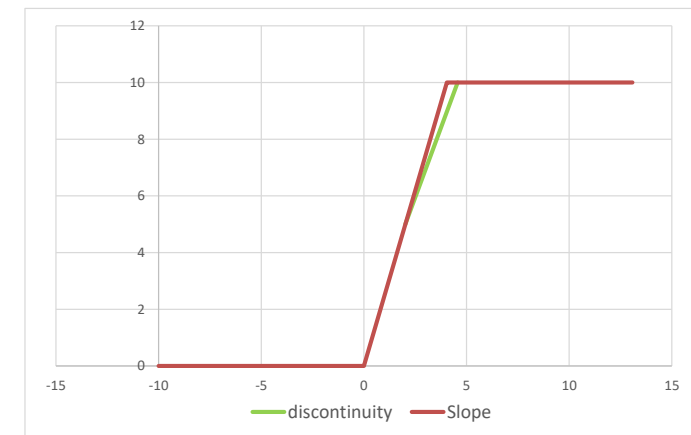
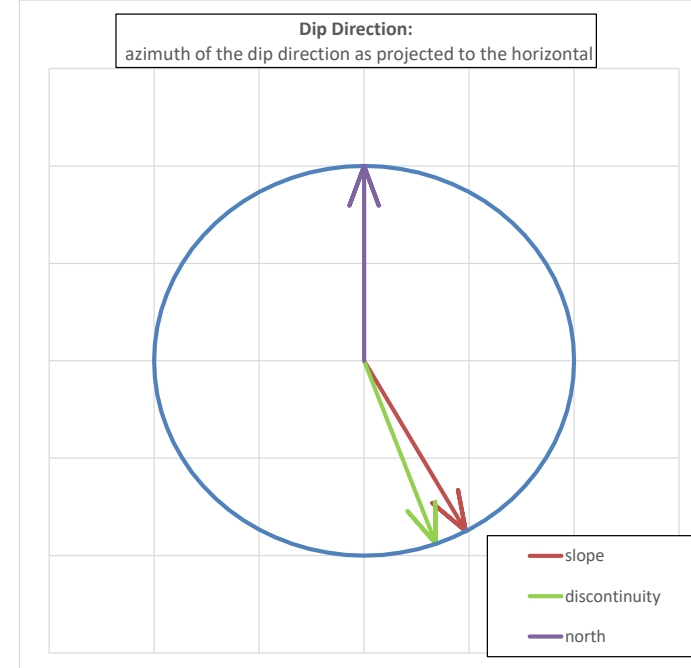
Auxiliar angles (degrees)	A	9°
	B	63°
	C	-5°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.85	0.87
F ₂	1.00	0.97
F ₃	-50.00	-56.23
F ₁ x F ₂ x F ₃	-43	-48

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	40	35
Class	IV	IV

	Discrete	Continuous
Description	Bad	Bad
Stability	Unstable	Unstable
Failures	Planar or big wedges	Planar or big wedges
Support	Important/corrective	Important/corrective





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_1
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	73	
-----------	----	--

Slope	α_s	151°	
	β_s	68°	
Discontinuity	α_j or α_i	325°	
	β_j or β_i	70°	

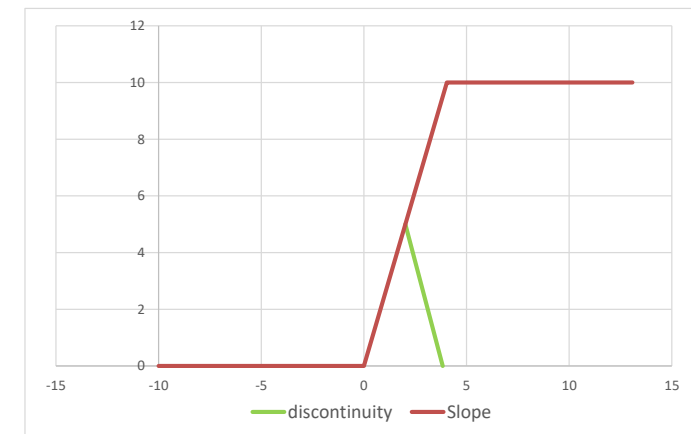
Auxiliar angles (degrees)	A	6°
	B	70°
	C	138°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.85	0.93
F_2	1.00	1.00
F_3	-25.00	-25.40
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-21	-24

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	62	59
Class	II	III

	Discrete	Continuous
Description	Good	Normal
Stability	Stable	Partially stable
Failures	Some blocks	Some joints or many wedges
Support	Occasional	Systematic



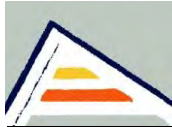
CLASIFICACIÓN SMR

3265_NO_5_2

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_2
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	79	
-----------	----	--

Slope	α_s	142°	
	β_s	68°	
Discontinuity	α_j or α_i	19°	
	β_j or β_i	77°	

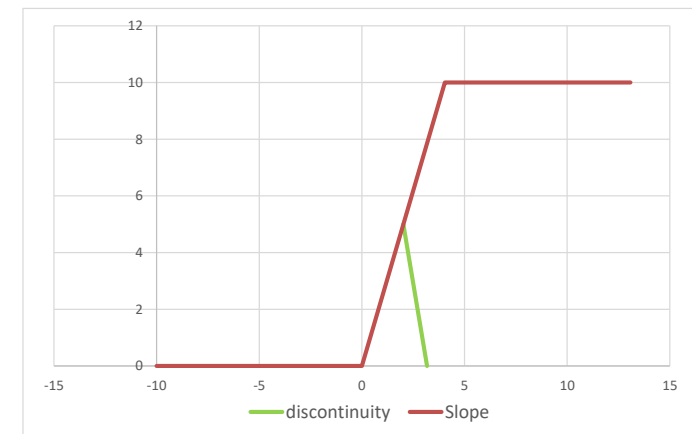
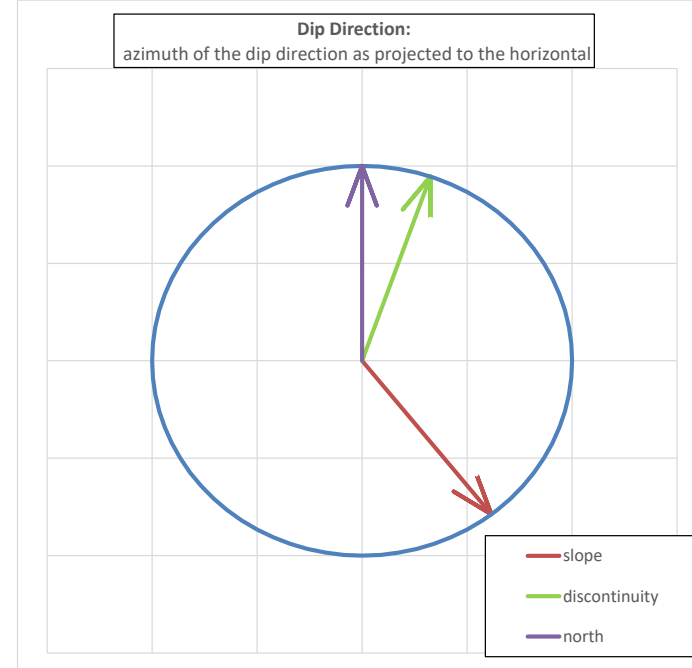
Auxiliar angles (degrees)	A	57°
	B	77°
	C	145°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.18
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-25.53
F ₁ x F ₂ x F ₃	-4	-5

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	85	84
Class	I	I

	Discrete	Continuous
Description	Very good	Very good
Stability	Completely stable	Completely stable
Failures	None	None
Support	None	None





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_2
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	79	<div style="width: 79%; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
-----------	----	---

Slope	α_s	142°	<div style="width: 142%; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
	β_s	68°	<div style="width: 68%; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
Discontinuity	α_j or α_i	165°	<div style="width: 165%; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
	β_j or β_i	35°	<div style="width: 35%; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>

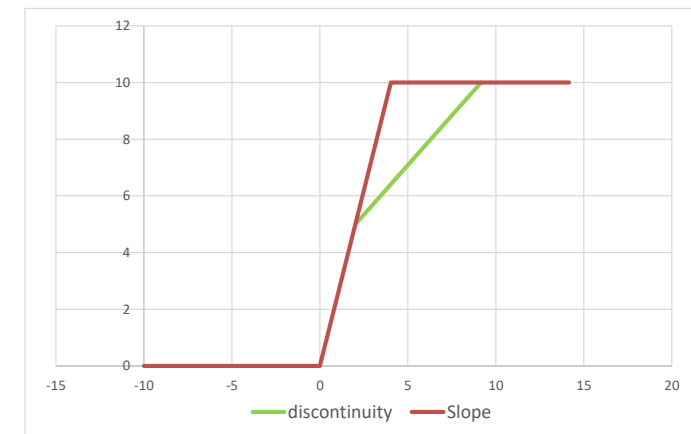
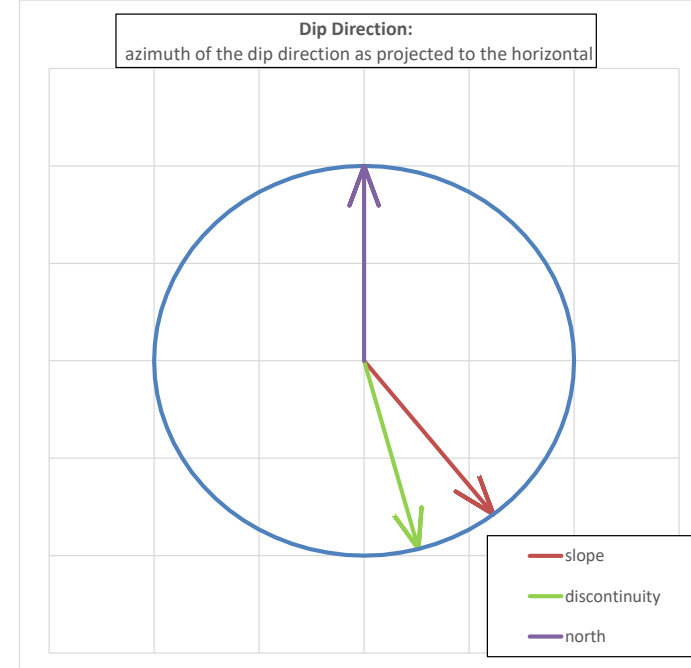
Auxiliar angles (degrees)	A	23°
	B	35°
	C	-33°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.40	0.45
F ₂	0.70	0.79
F ₃	-60.00	-59.42
F ₁ x F ₂ x F ₃	-17	-21

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	72	68
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_2
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	79	
-----------	----	--

Slope	α_s	142°	
	β_s	68°	
Discontinuity	α_j or α_i	70°	
	β_j or β_i	30°	

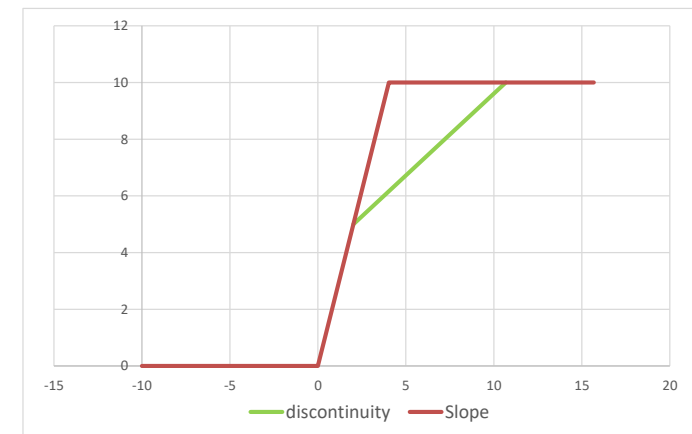
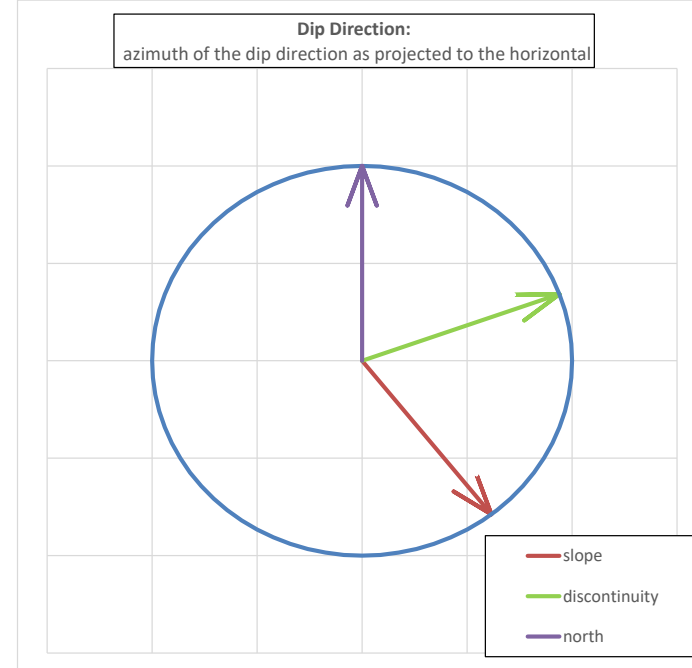
Auxiliar angles (degrees)	A	72°
	B	30°
	C	-38°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.16
F_2	0.40	0.59
F_3	-60.00	-59.50
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-4	-6

Excavation method	Presplitting
F_4	10

	Discrete	Continuous
SMR	85	83
Class	I	I

	Discrete	Continuous
Description	Very good	Very good
Stability	Completely stable	Completely stable
Failures	None	None
Support	None	None



CLASIFICACIÓN SMR

3265_NO_5_3

➤ JS1

➤ JS2



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_3
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	67	
-----------	----	--

Slope	α_s	138°	
	β_s	70°	
Discontinuity	α_j or α_i	20°	
	β_j or β_i	79°	

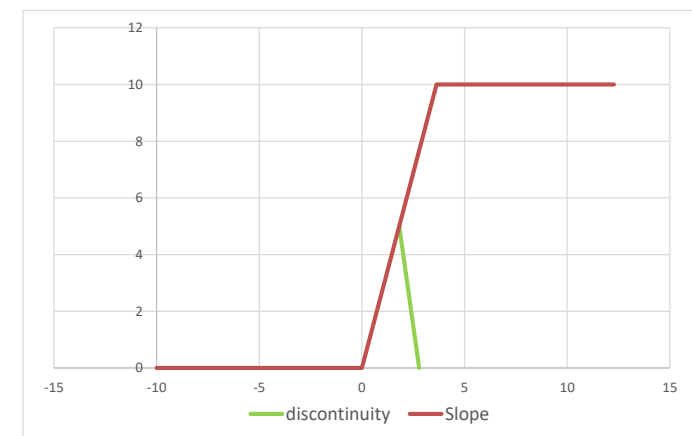
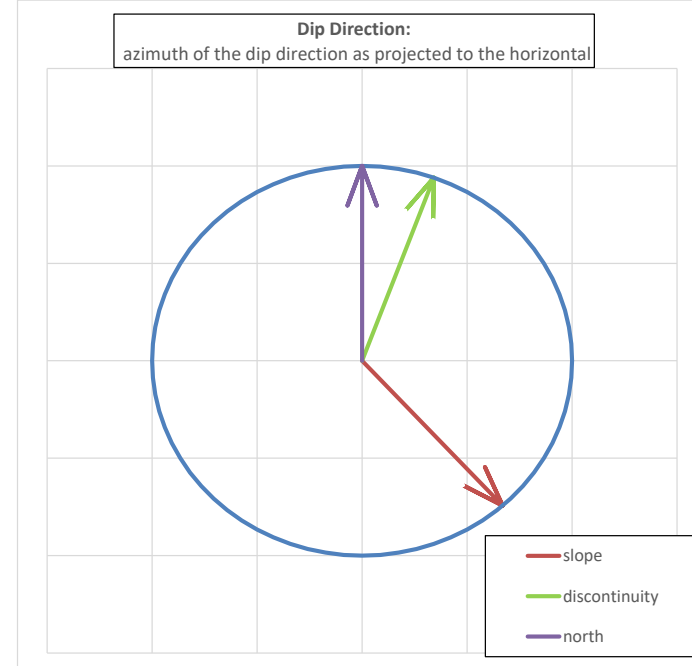
Auxiliar angles (degrees)	A	62°
	B	79°
	C	149°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.18
F_2	1.00	1.00
F_3	-25.00	-25.58
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-4	-4

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	73	73
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_3
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	67	
-----------	----	--

Slope	α_s	138°	
	β_s	70°	
Discontinuity	α_j or α_i	170°	
	β_j or β_i	57°	

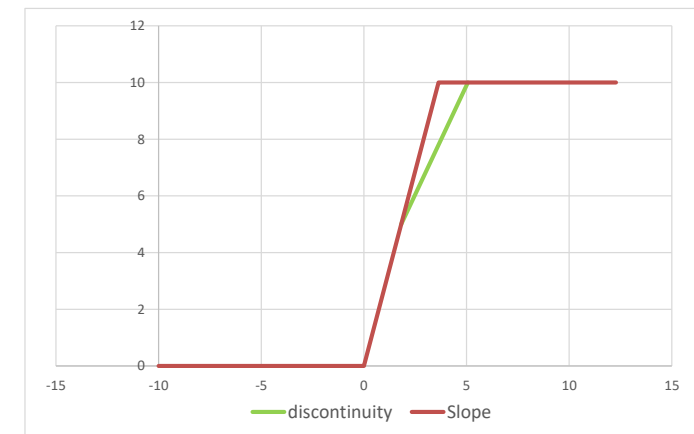
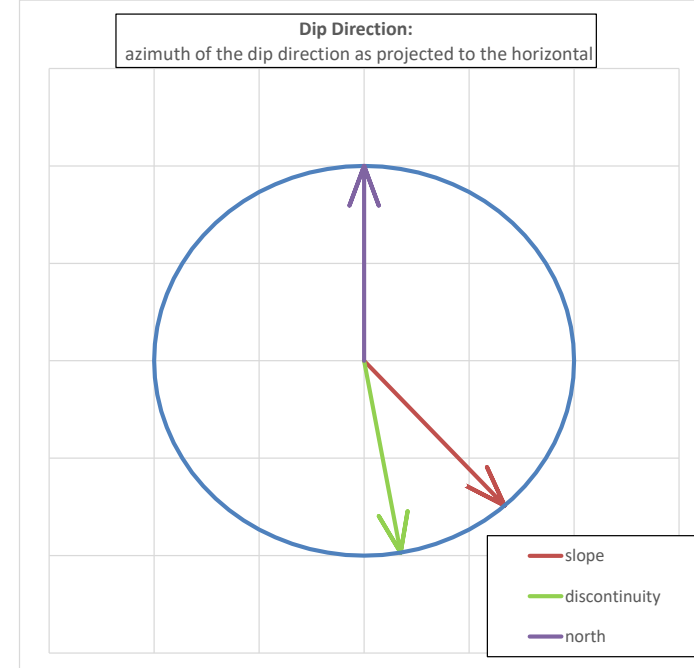
Auxiliar angles (degrees)	A	32°
	B	57°
	C	-13°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.30
F ₂	1.00	0.96
F ₃	-60.00	-58.53
F ₁ x F ₂ x F ₃	-9	-17

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	68	60
Class	II	III

	Discrete	Continuous
Description	Good	Normal
Stability	Stable	Partially stable
Failures	Some blocks	Some joints or many wedges
Support	Occasional	Systematic



CLASIFICACIÓN SMR

3265_NO_5_4

➤ F

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3

➤ JS4



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_4
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	59	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
-----------	----	--

Slope	α_s	142°	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
	β_s	63°	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
Discontinuity	α_j or α_i	1°	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
	β_j or β_i	66°	<div style="width: 50px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>

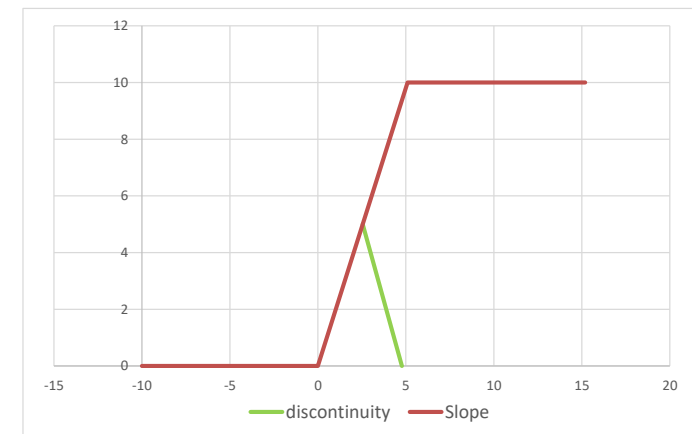
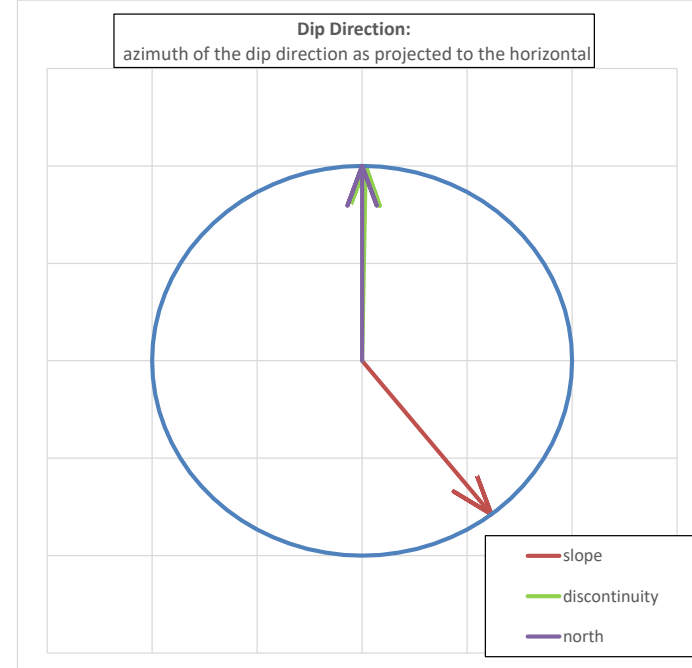
Auxiliar angles (degrees)	A	39°
	B	66°
	C	129°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.25
F_2	1.00	1.00
F_3	-25.00	-24.95
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-4	-6

Excavation method	Presplitting
F_4	10

	Discrete	Continuous
SMR	65	63
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_4
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	59	
-----------	----	--

Slope	α_s	142°	
	β_s	63°	
Discontinuity	α_j or α_i	205°	
	β_j or β_i	72°	

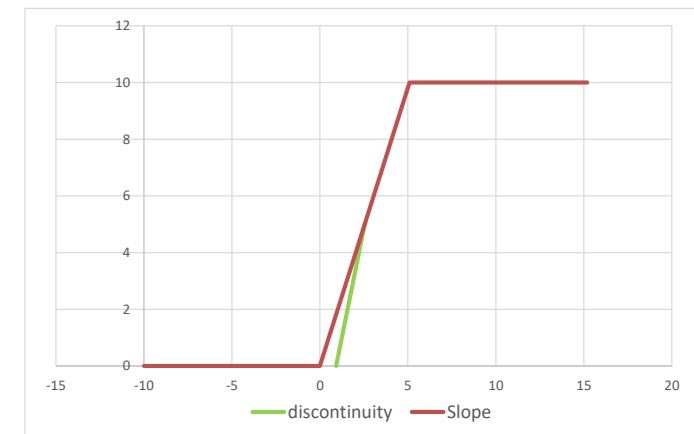
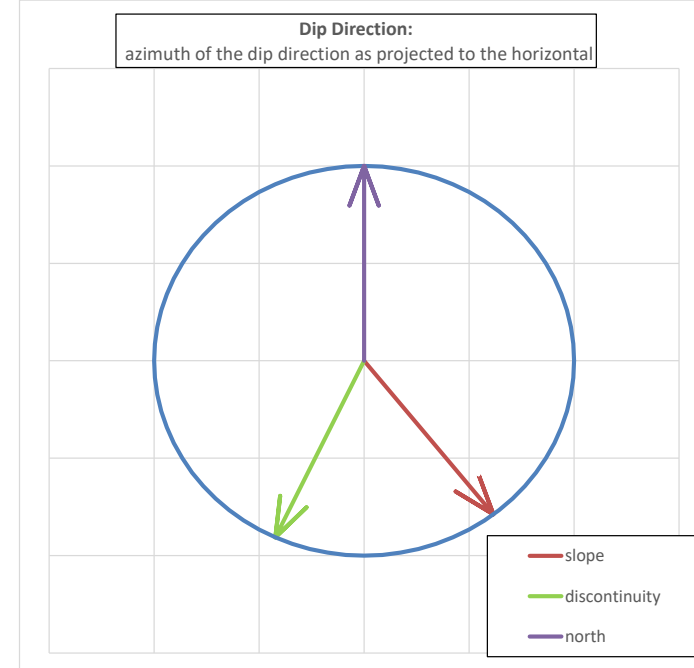
Auxiliar angles (degrees)	A	63°
	B	72°
	C	9°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.17
F_2	1.00	0.98
F_3	-6.00	-2.11
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-1	0

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	68	69
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_4
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	59	
-----------	----	--

Slope	α_s	142°	
	β_s	63°	
Discontinuity	α_j or α_i	145°	
	β_j or β_i	43°	

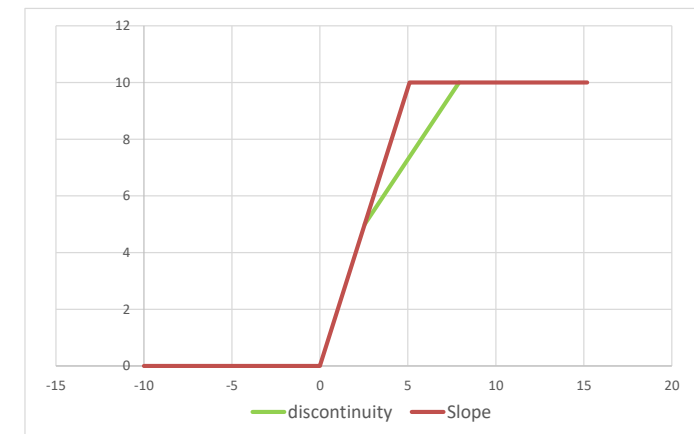
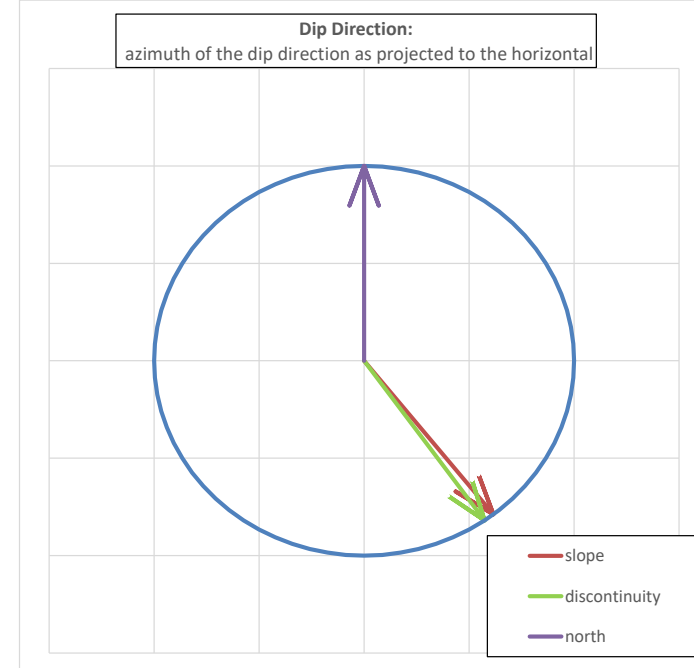
Auxiliar angles (degrees)	A	3°
	B	43°
	C	-20°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	1.00	0.97
F ₂	0.85	0.90
F ₃	-60.00	-59.05
F ₁ x F ₂ x F ₃	-51	-52

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	18	17
Class	V	V

	Discrete	Continuous
Description	Very bad	Very bad
Stability	Completely unstable	Completely unstable
Failures	Big planar or soil-like	Big planar or soil-like
Suport	Reexcavation	Reexcavation





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_4
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	59	
-----------	----	--

Slope	α_s	142°	
	β_s	63°	
Discontinuity	α_j or α_i	6°	
	β_j or β_i	30°	

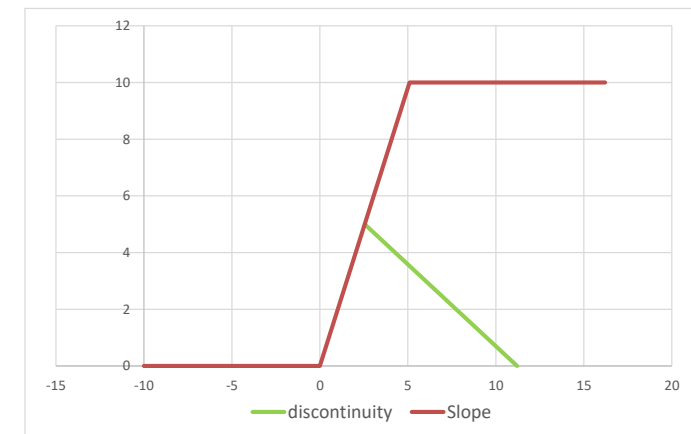
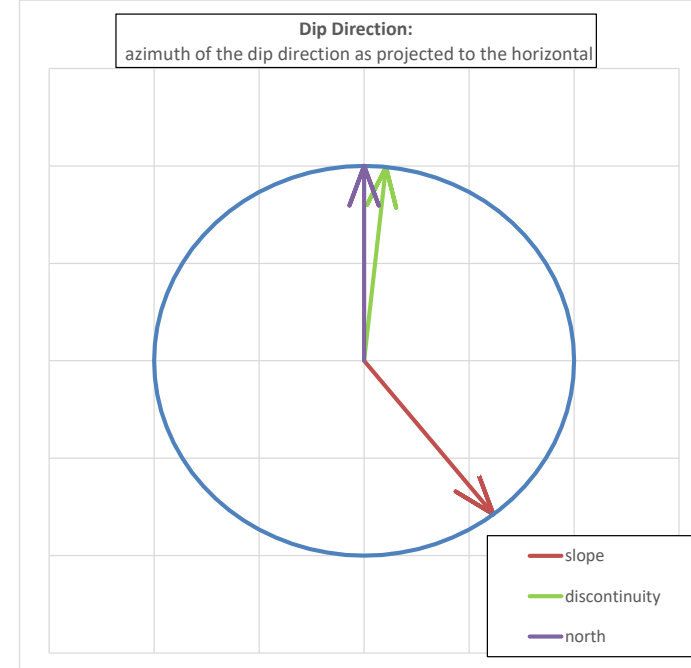
Auxiliar angles (degrees)	A	44°
	B	30°
	C	93°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.22
F ₂	1.00	1.00
F ₃	0.00	-0.45
F ₁ x F ₂ x F ₃	0	0

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	69	69
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_4
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	59	<div style="width: 50%;"></div>
-----------	----	---------------------------------

Slope	α_s	142°	<div style="width: 50%;"></div>
	β_s	63°	<div style="width: 50%;"></div>
Discontinuity	α_j or α_i	92°	<div style="width: 50%;"></div>
	β_j or β_i	79°	<div style="width: 50%;"></div>

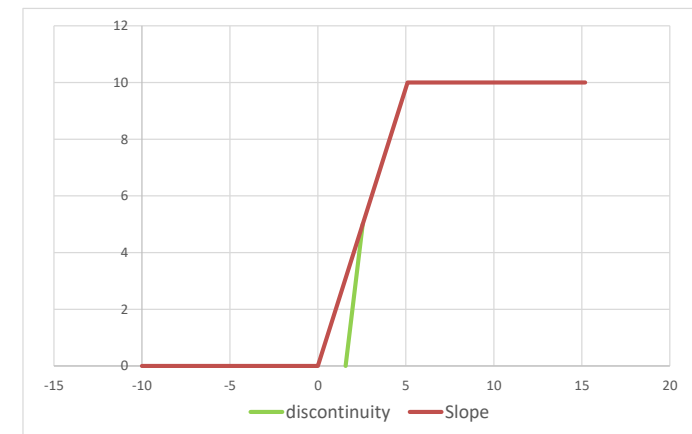
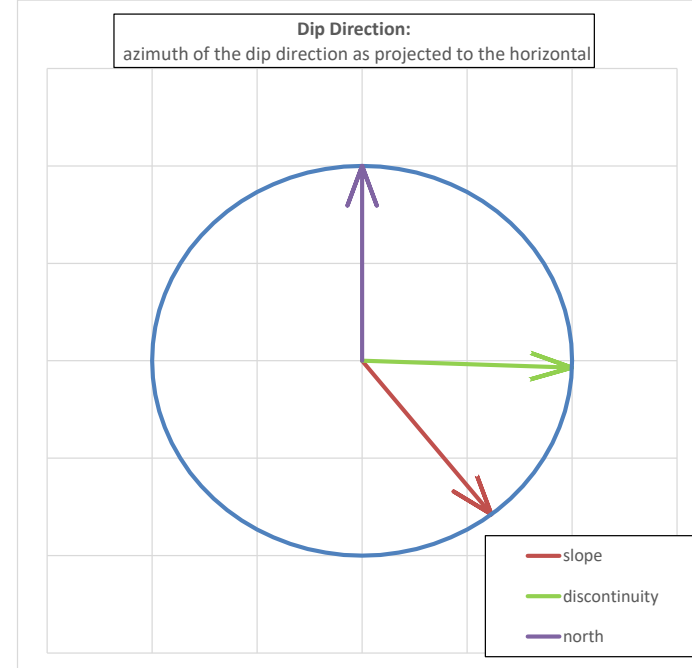
Auxiliar angles (degrees)	A	50°
	B	79°
	C	16°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.20
F_2	1.00	0.99
F_3	0.00	-1.19
$F_1 \times F_2 \times F_3$	0	0

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	69	69
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional



CLASIFICACIÓN SMR

3265_NO_5_5

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_5
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	76	
-----------	----	--

Slope	α_s	115°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	132°	
	β_j or β_i	40°	

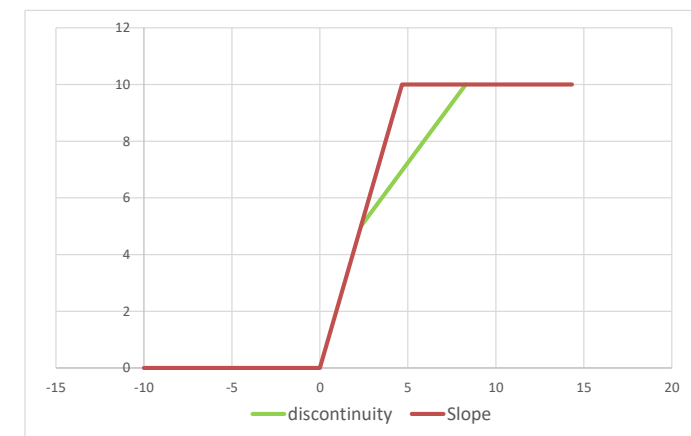
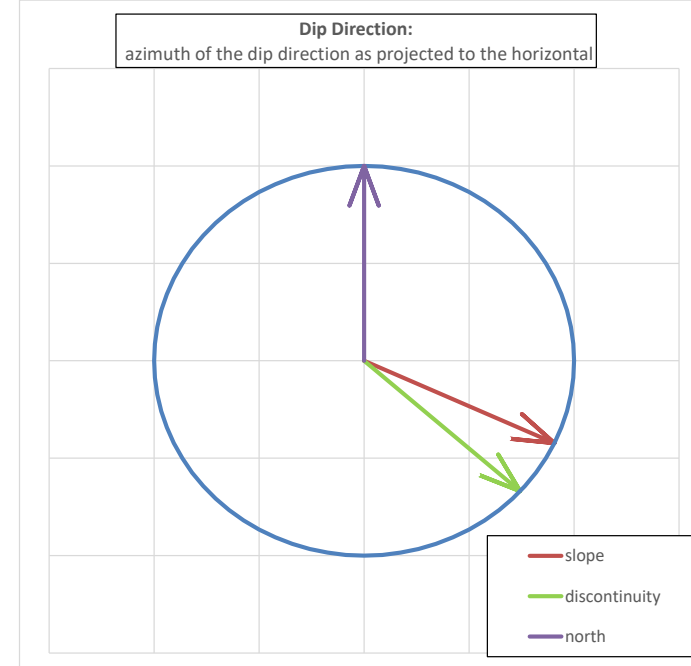
Auxiliar angles (degrees)	A	17°
	B	40°
	C	-25°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.70	0.64
F ₂	0.85	0.88
F ₃	-60.00	-59.24
F ₁ x F ₂ x F ₃	-36	-33

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	50	53
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_5
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	76	
-----------	----	--

Slope	α_s	115°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	90°	
	β_j or β_i	43°	

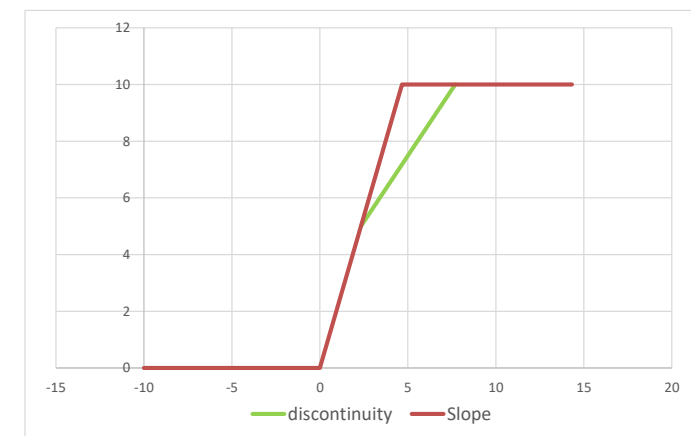
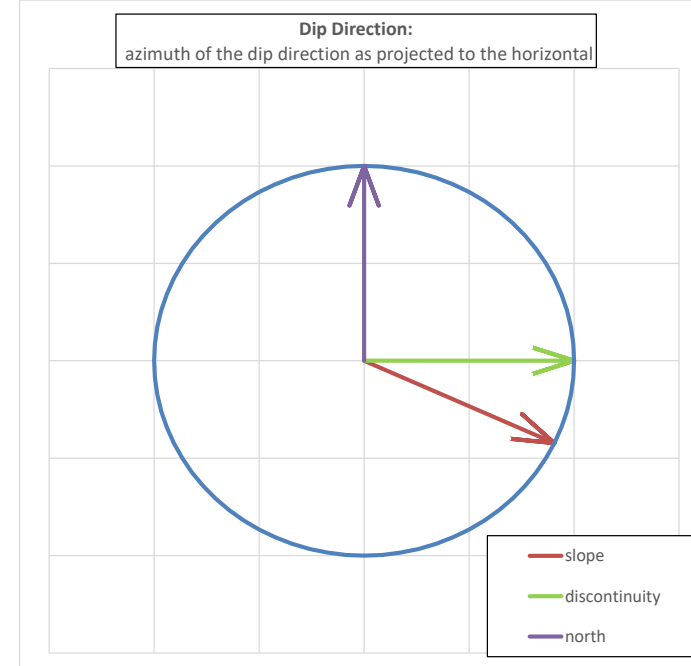
Auxiliar angles (degrees)	A	25°
	B	43°
	C	-22°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.40	0.41
F ₂	0.85	0.90
F ₃	-60.00	-59.13
F ₁ x F ₂ x F ₃	-20	-22

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	66	64
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_5
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	76	
-----------	----	--

Slope	α_s	115°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	305°	
	β_j or β_i	74°	

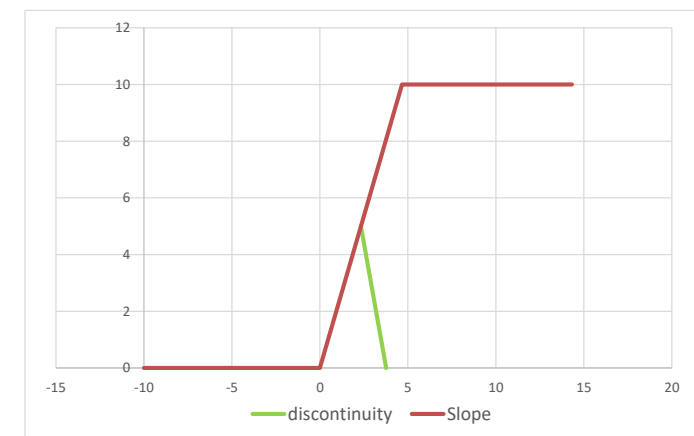
Auxiliar angles (degrees)	A	10°
	B	74°
	C	139°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.70	0.85
F_2	1.00	1.00
F_3	-25.00	-25.43
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-18	-22

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	68	64
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional



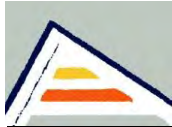
CLASIFICACIÓN SMR

3265_NO_5_6

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_6
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	73	
-----------	----	--

Slope	α_s	113°	
	β_s	66°	
Discontinuity	α_j or α_i	78°	
	β_j or β_i	42°	

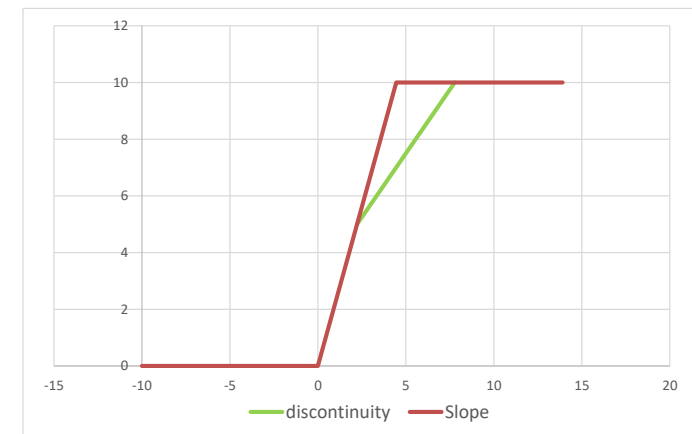
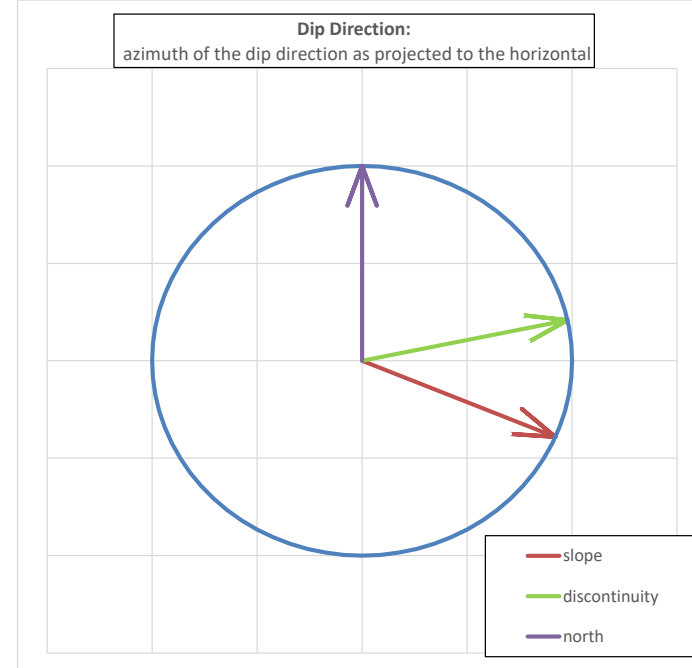
Auxiliar angles (degrees)	A	35°
	B	42°
	C	-24°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.27
F ₂	0.85	0.90
F ₃	-60.00	-59.20
F ₁ x F ₂ x F ₃	-8	-15

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	75	68
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_6
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	73	
-----------	----	--

Slope	α_s	113°	
	β_s	66°	
Discontinuity	α_j or α_i	292°	
	β_j or β_i	65°	

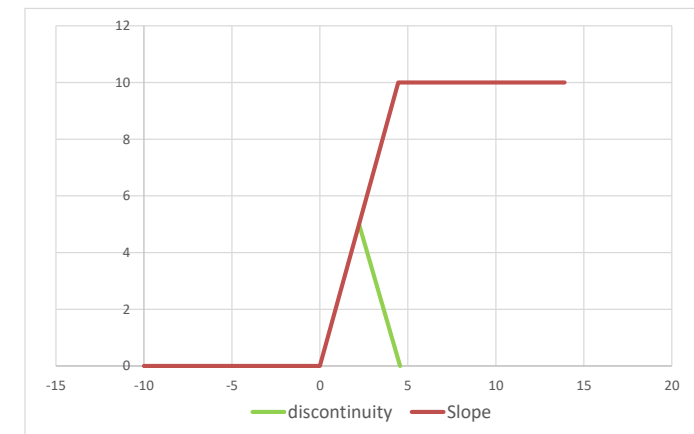
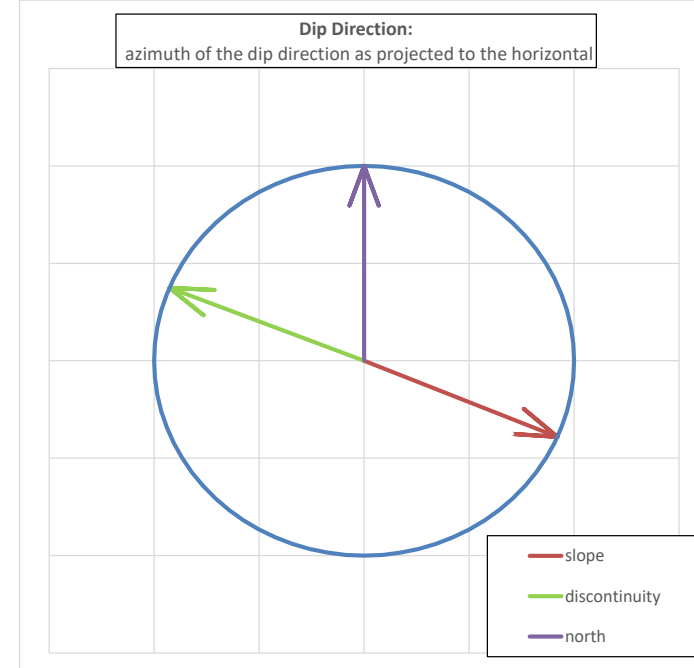
Auxiliar angles (degrees)	A	1°
	B	65°
	C	131°
Failure Type	Toppling	

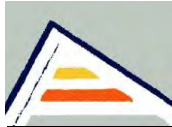
Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	1.00	0.99
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-25.12
F ₁ x F ₂ x F ₃	-25	-25

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	58	58
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3265_NO_5_6
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	73	
-----------	----	--

Slope	α_s	113°	
	β_s	66°	
Discontinuity	α_j or α_i	96°	
	β_j or β_i	45°	

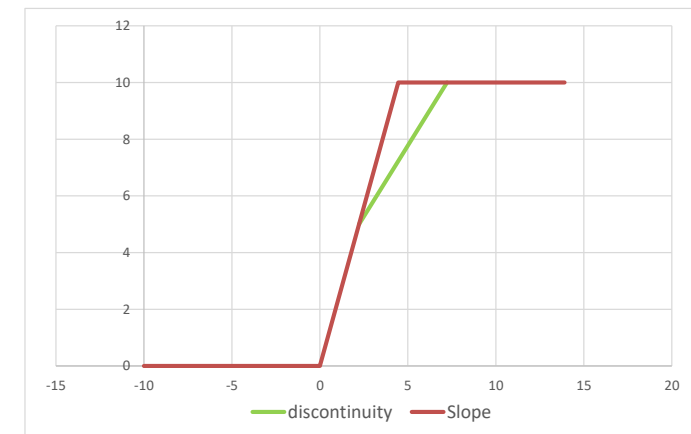
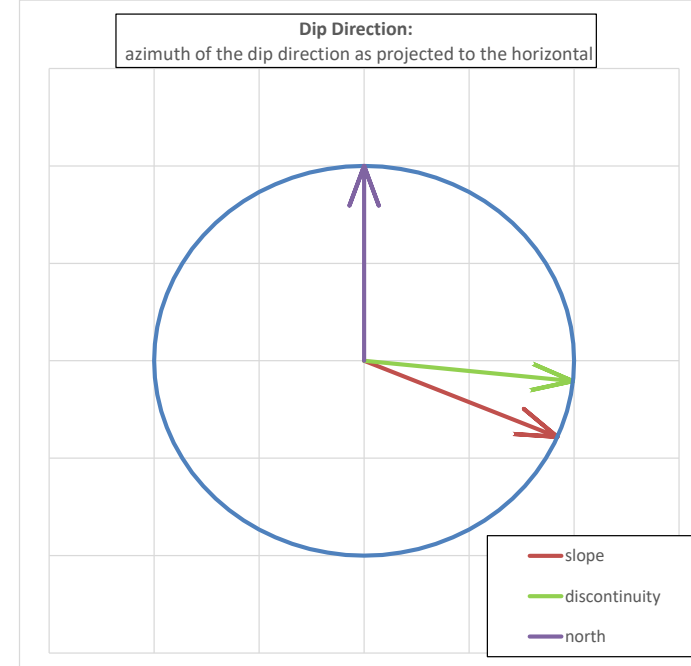
Auxiliar angles (degrees)	A	17°
	B	45°
	C	-21°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→	Romana (1993)	Tomás et al (2007)
Coefficients ↓	Discrete values	Continuous values
F ₁	0.70	0.64
F ₂	0.85	0.92
F ₃	-60.00	-59.09
F ₁ x F ₂ x F ₃	-36	-35

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	47	48
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic



CLASIFICACIÓN SMR

3325_N_5_1

➤ F

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3

➤ JS4

➤ JS5



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_1
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	61	
-----------	----	--

Slope	α_s	155°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	65°	
	β_j or β_i	60°	

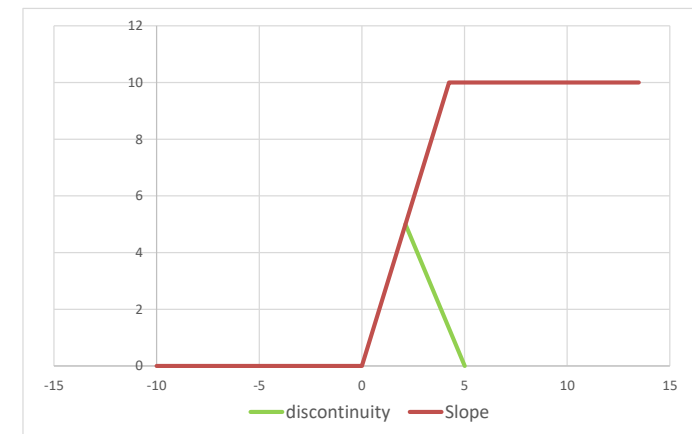
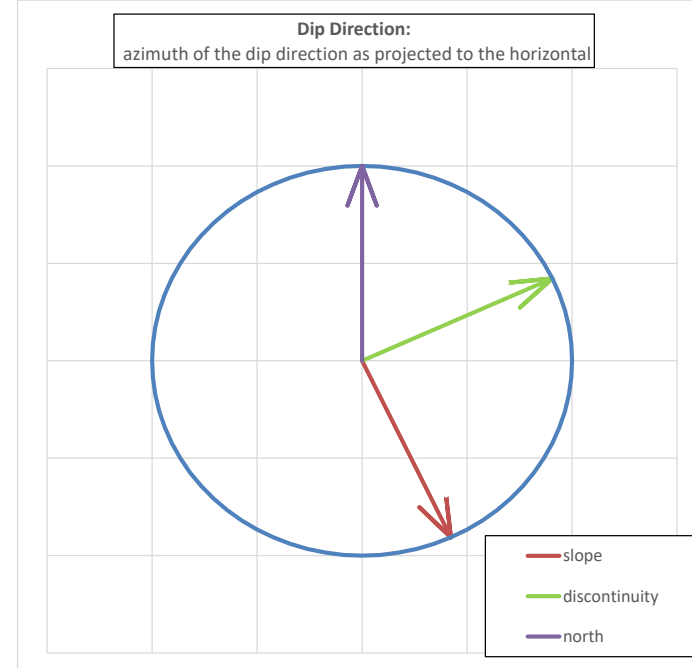
Auxiliar angles (degrees)	A	90°
	B	60°
	C	127°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.15
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-24.70
F ₁ x F ₂ x F ₃	-4	-4

Excavation method	Presplitting
F ₄	10

	Discrete	Continuous
SMR	67	67
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_1
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	61	
-----------	----	--

Slope	α_s	155°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	195°	
	β_j or β_i	34°	

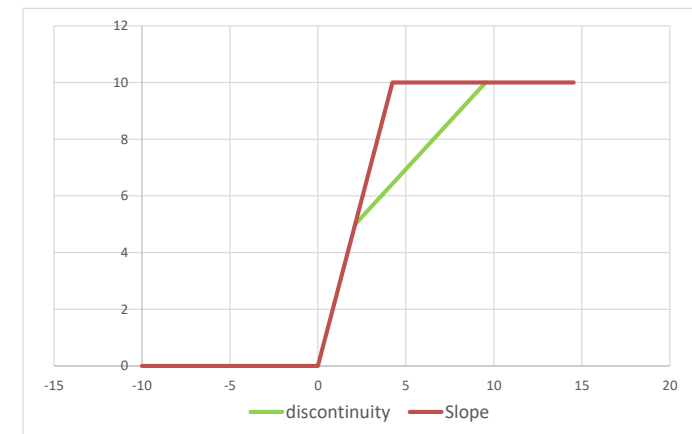
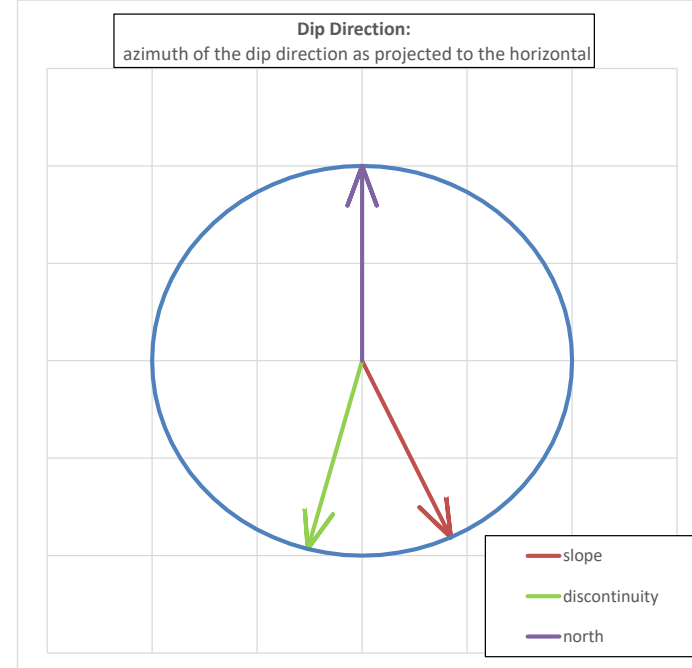
Auxiliar angles (degrees)	A	40°
	B	34°
	C	-33°
Failure Type	Wedge/Planar	

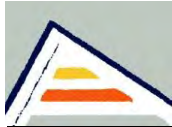
Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.24
F ₂	0.70	0.76
F ₃	-60.00	-59.42
F ₁ x F ₂ x F ₃	-6	-11

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	65	60
Class	II	III

	Discrete	Continuous
Description	Good	Normal
Stability	Stable	Partially stable
Failures	Some blocks	Some joints or many wedges
Support	Occasional	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_1
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	61	
-----------	----	--

Slope	α_s	155°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	104°	
	β_j or β_i	82°	

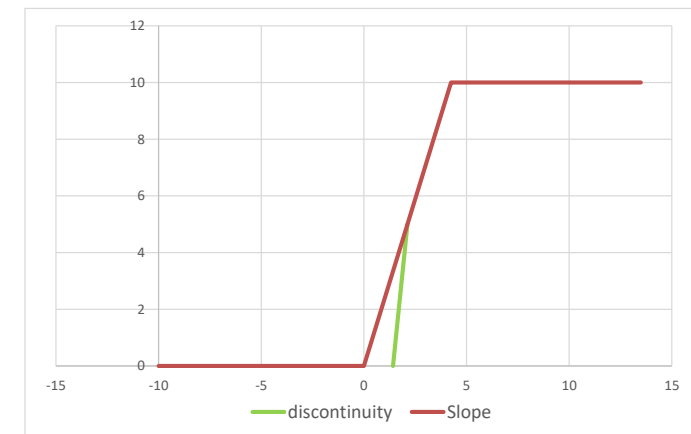
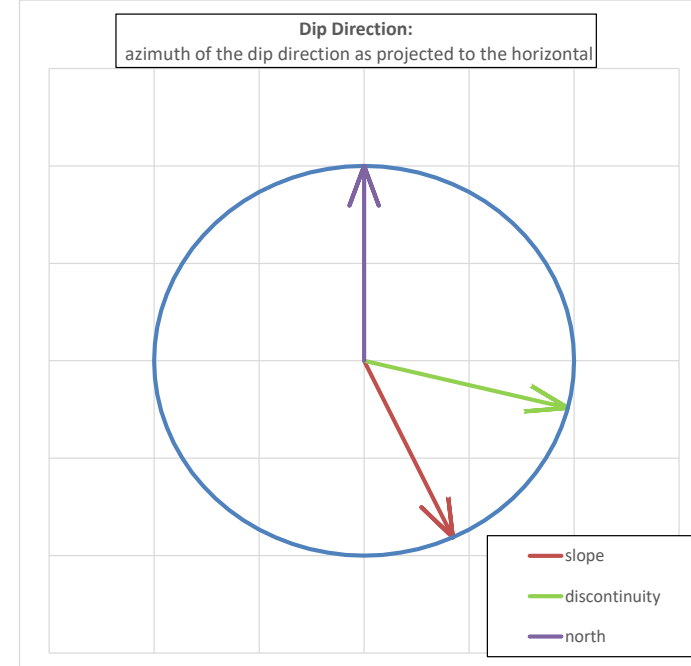
Auxiliar angles (degrees)	A	51°
	B	82°
	C	15°
Failure Type	Wedge/Planar	

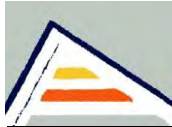
Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.20
F_2	1.00	0.99
F_3	0.00	-1.27
$F_1 \times F_2 \times F_3$	0	0

Excavation method	Presplitting
F_4	10

	Discrete	Continuous
SMR	71	71
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_1
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	61	
-----------	----	--

Slope	α_s	155°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	105°	
	β_j or β_i	43°	

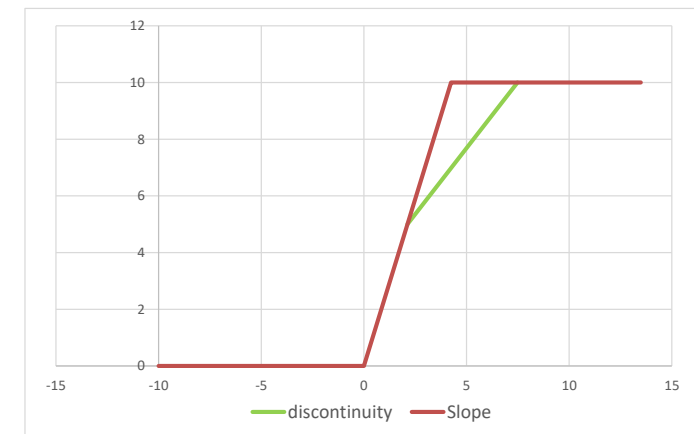
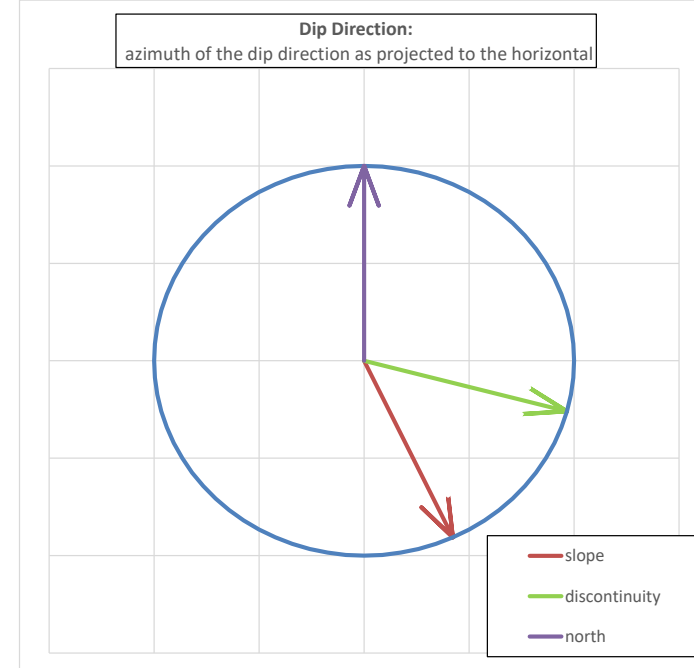
Auxiliar angles (degrees)	A	50°
	B	43°
	C	-24°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→	Romana (1993)	Tomás et al (2007)
Coefficients ↓	Discrete values	Continuous values
F ₁	0.15	0.20
F ₂	0.85	0.90
F ₃	-60.00	-59.20
F ₁ x F ₂ x F ₃	-8	-11

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	63	60
Class	II	III

	Discrete	Continuous
Description	Good	Normal
Stability	Stable	Partially stable
Failures	Some blocks	Some joints or many wedges
Support	Occasional	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_1
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	61	
-----------	----	--

Slope	α_s	155°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	195°	
	β_j or β_i	53°	

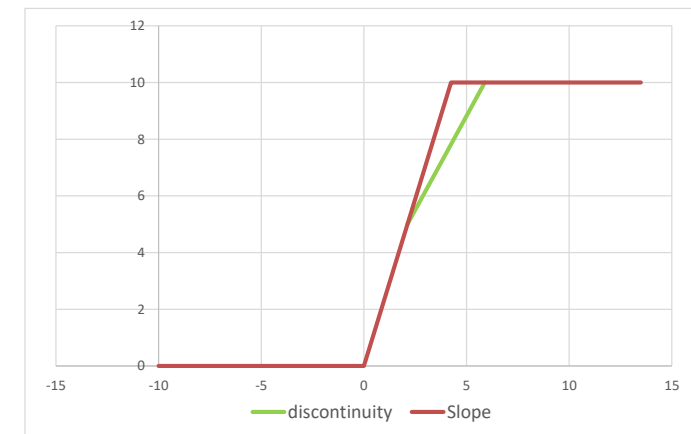
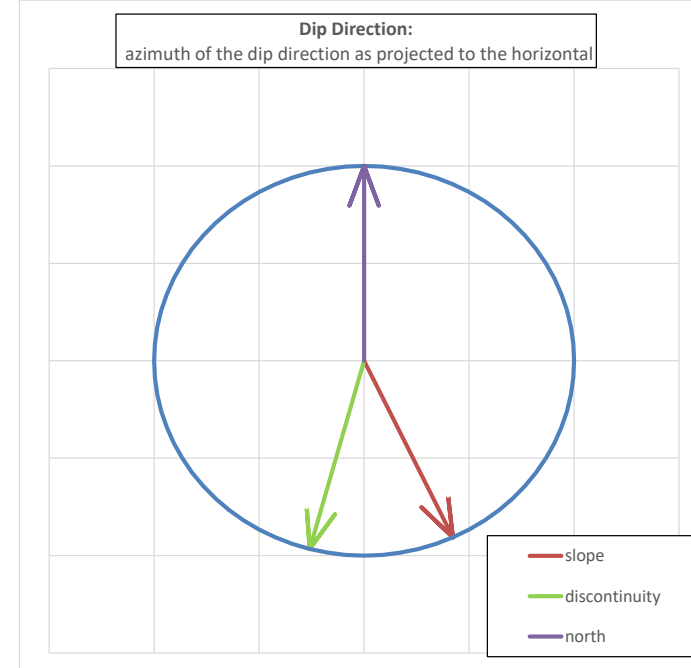
Auxiliar angles (degrees)	A	40°
	B	53°
	C	-14°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.24
F_2	1.00	0.95
F_3	-60.00	-58.64
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-9	-13

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	62	58
Class	II	III

	Discrete	Continuous
Description	Good	Normal
Stability	Stable	Partially stable
Failures	Some blocks	Some joints or many wedges
Support	Occasional	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_1
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	61	
-----------	----	--

Slope	α_s	155°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	48°	
	β_j or β_i	74°	

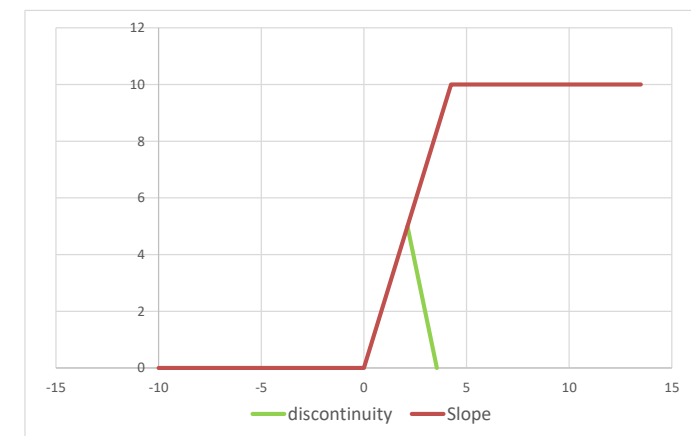
Auxiliar angles (degrees)	A	73°
	B	74°
	C	141°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.16
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-25.47
F ₁ x F ₂ x F ₃	-4	-4

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	67	67
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional



CLASIFICACIÓN SMR

3325_N_5_2

- F
- JS1
- JS2
- JS3
- JS4
- JS5



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325- N_5_2
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	54	
-----------	----	--

Slope	α_s	167°	
	β_s	66°	
Discontinuity	α_j or α_i	70°	
	β_j or β_i	59°	

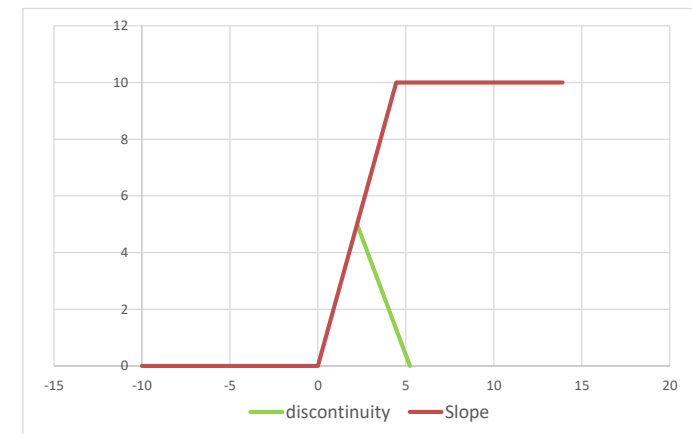
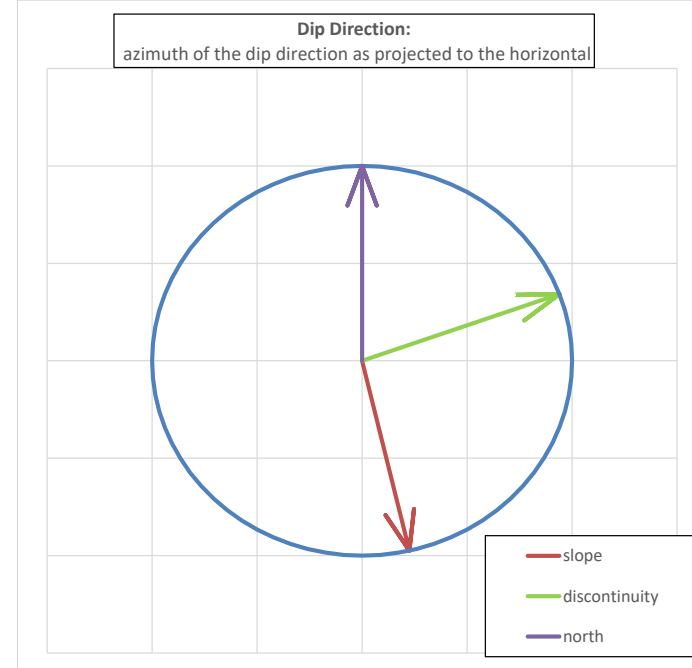
Auxiliar angles (degrees)	A	83°
	B	59°
	C	125°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.15
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-24.24
F ₁ x F ₂ x F ₃	-4	-4

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	60	60
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325- N_5_2
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	54	
-----------	----	--

Slope	α_s	167°	
	β_s	66°	
Discontinuity	α_j or α_i	230°	
	β_j or β_i	25°	

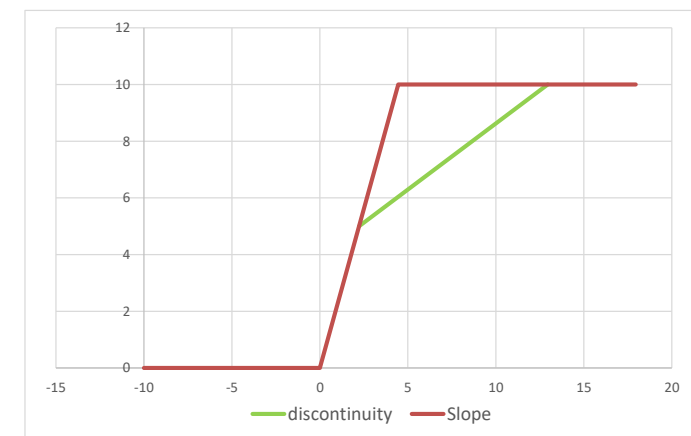
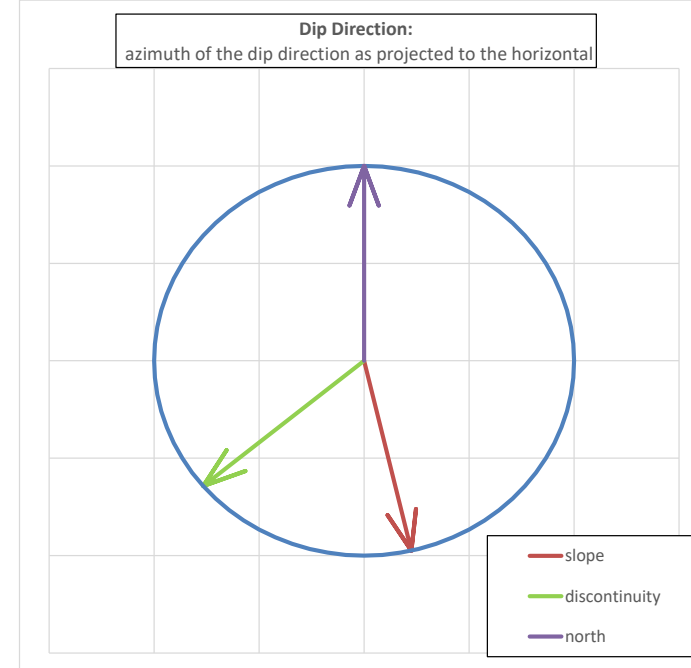
Auxiliar angles (degrees)	A	63°
	B	25°
	C	-41°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.17
F ₂	0.40	0.37
F ₃	-60.00	-59.53
F ₁ x F ₂ x F ₃	-4	-4

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	60	60
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325- N_5_2
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	54	
-----------	----	--

Slope	α_s	167°	
	β_s	66°	
Discontinuity	α_j or α_i	103°	
	β_j or β_i	84°	

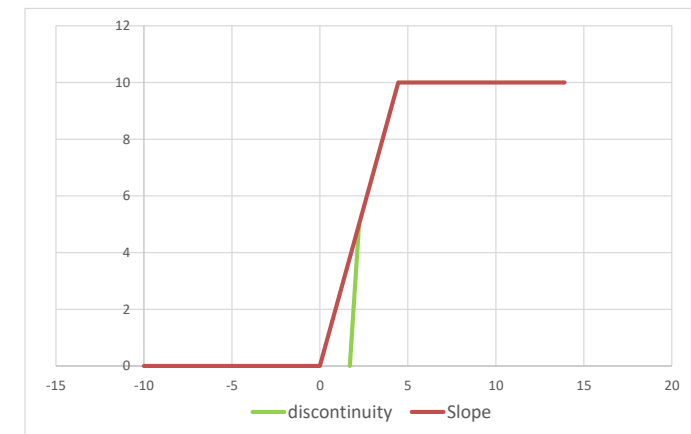
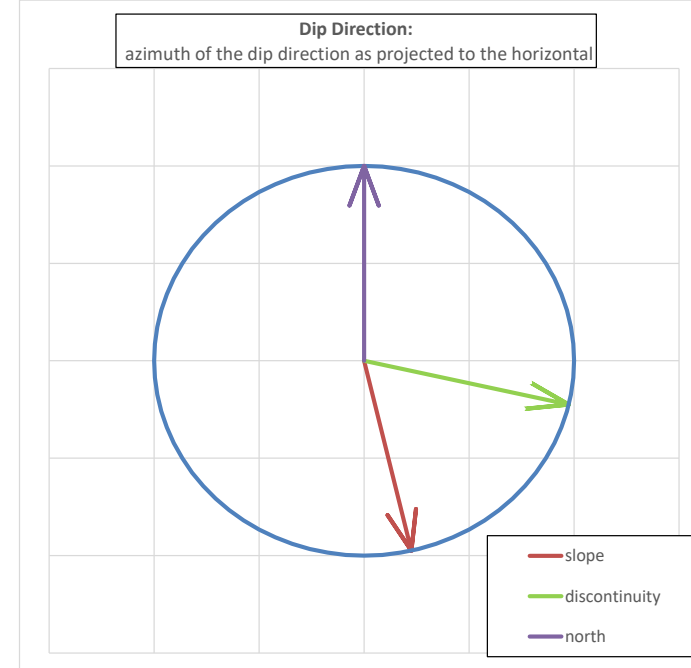
Auxiliar angles (degrees)	A	64°
	B	84°
	C	18°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.17
F_2	1.00	0.99
F_3	0.00	-1.06
$F_1 \times F_2 \times F_3$	0	0

Excavation method	Presplitting
F_4	10

	Discrete	Continuous
SMR	64	64
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325- N_5_2
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	54	
-----------	----	--

Slope	α_s	167°	
	β_s	66°	
Discontinuity	α_j or α_i	37°	
	β_j or β_i	82°	

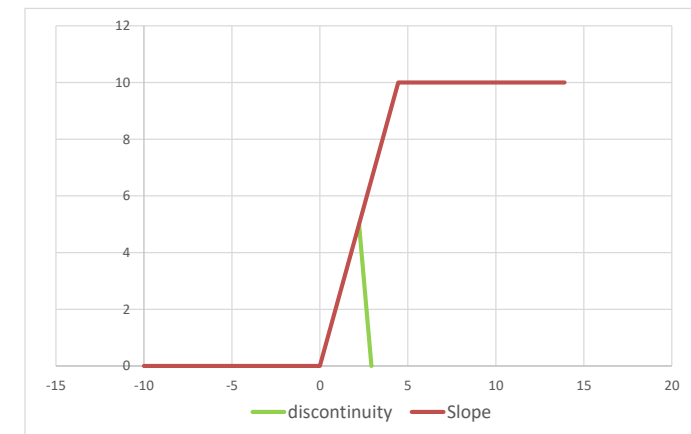
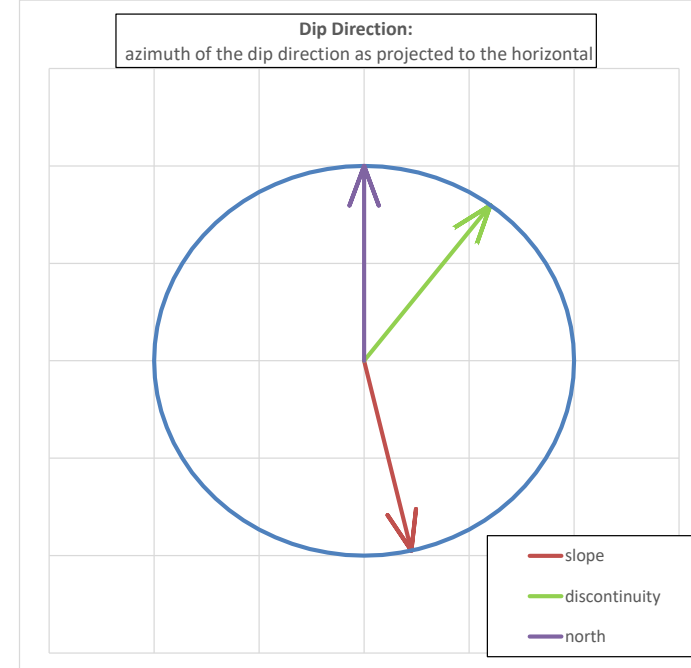
Auxiliar angles (degrees)	A	50°
	B	82°
	C	148°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.20
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-25.56
F ₁ x F ₂ x F ₃	-4	-5

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	60	59
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325- N_5_2
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	54	
-----------	----	--

Slope	α_s	167°	
	β_s	66°	
Discontinuity	α_j or α_i	193°	
	β_j or β_i	9°	

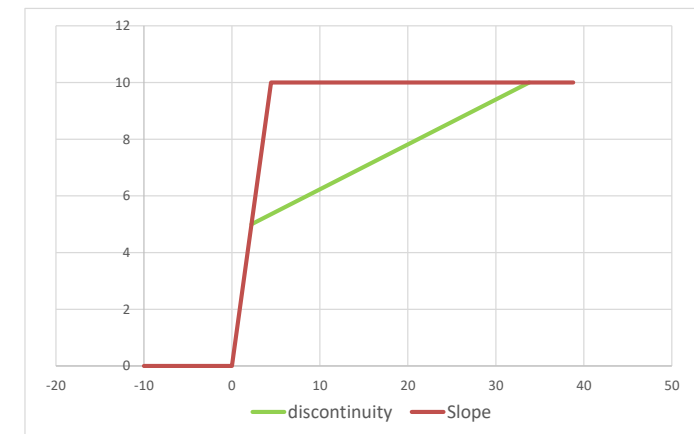
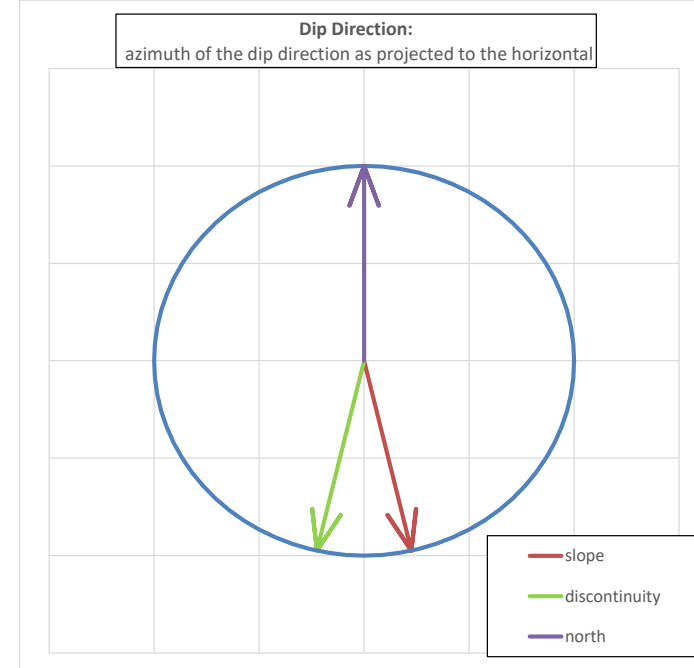
Auxiliar angles (degrees)	A	26°
	B	9°
	C	-57°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.40	0.39
F ₂	0.15	0.18
F ₃	-60.00	-59.66
F ₁ x F ₂ x F ₃	-4	-4

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	60	60
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic



CLASIFICACIÓN SMR

3325_N_5_3

- F
- JS1
- JS2
- JS3
- JS4



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_3
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	67	
-----------	----	--

Slope	α_s	160°	
	β_s	76°	
Discontinuity	α_j or α_i	75°	
	β_j or β_i	30°	

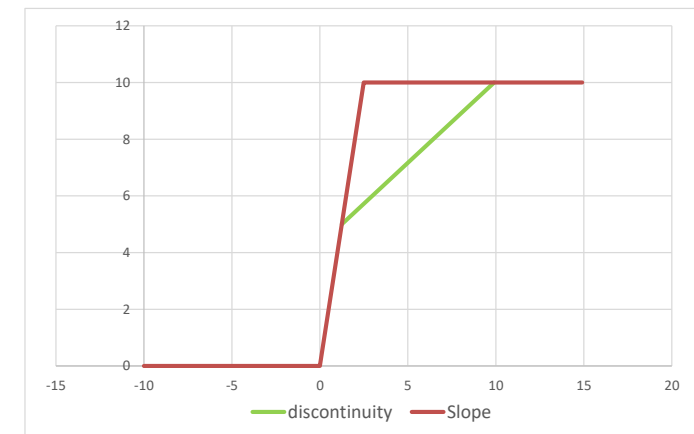
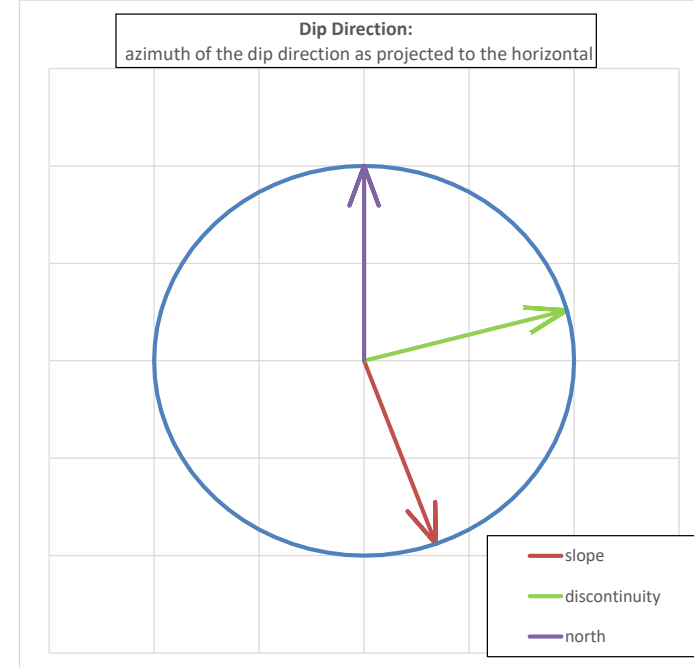
Auxiliar angles (degrees)	A	85°
	B	30°
	C	-46°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.15
F ₂	0.40	0.59
F ₃	-60.00	-59.58
F ₁ x F ₂ x F ₃	-4	-5

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	73	72
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_3
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	67	
-----------	----	--

Slope	α_s	160°	
	β_s	76°	
Discontinuity	α_j or α_i	235°	
	β_j or β_i	71°	

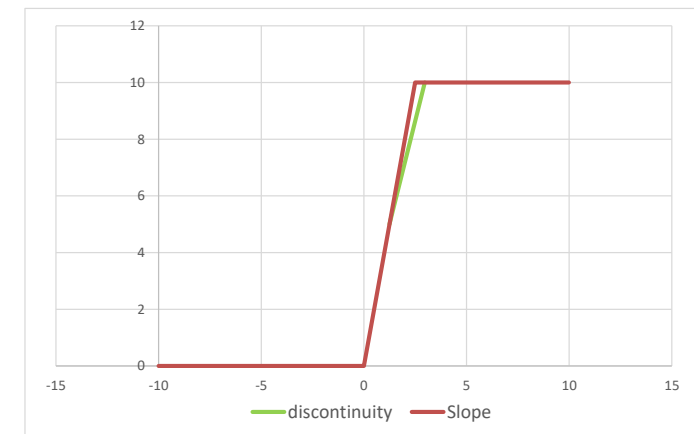
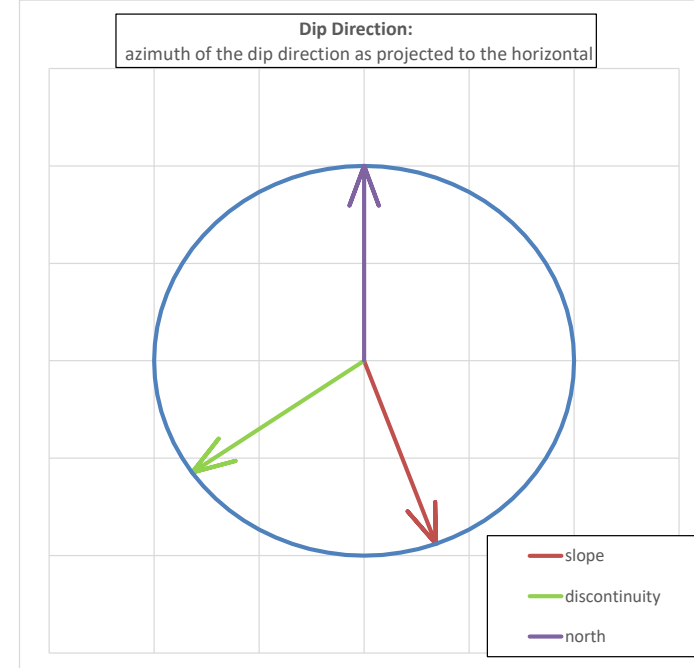
Auxiliar angles (degrees)	A	75°
	B	71°
	C	-5°
Failure Type	Wedge/Planar	

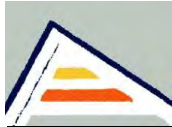
Authors→	Romana (1993)	Tomás et al (2007)
Coefficients ↓	Discrete values	Continuous values
F_1	0.15	0.16
F_2	1.00	0.98
F_3	-50.00	-56.23
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-8	-9

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	69	68
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_3
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	67	
-----------	----	--

Slope	α_s	160°	
	β_s	76°	
Discontinuity	α_j or α_i	245°	
	β_j or β_i	48°	

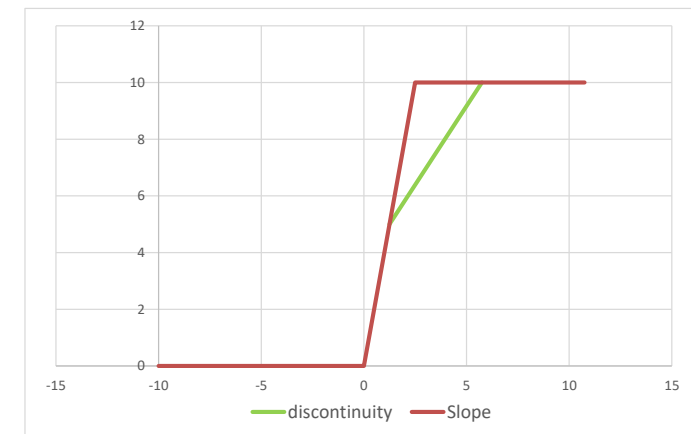
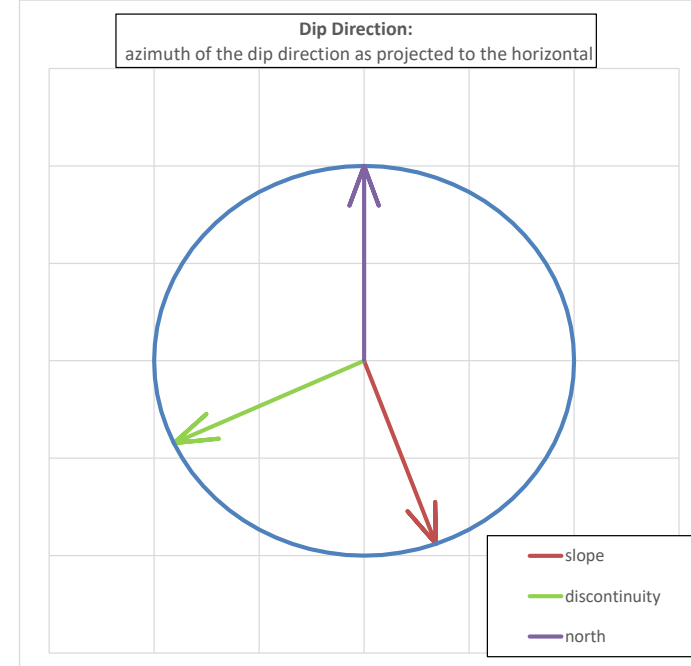
Auxiliar angles (degrees)	A	85°
	B	48°
	C	-28°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.15
F_2	1.00	0.93
F_3	-60.00	-59.32
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-9	-8

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	68	69
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_3
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	67	<div style="width: 67%;"></div>
-----------	----	---------------------------------

Slope	α_s	160°	<div style="width: 160%;"></div>
	β_s	76°	<div style="width: 76%;"></div>
Discontinuity	α_j or α_i	115°	<div style="width: 115%;"></div>
	β_j or β_i	8°	<div style="width: 8%;"></div>

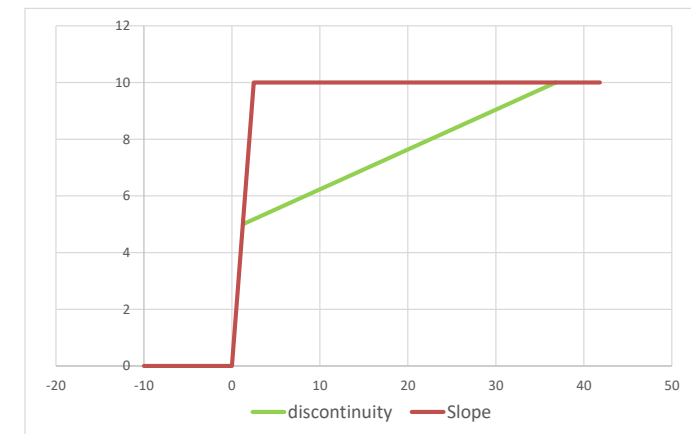
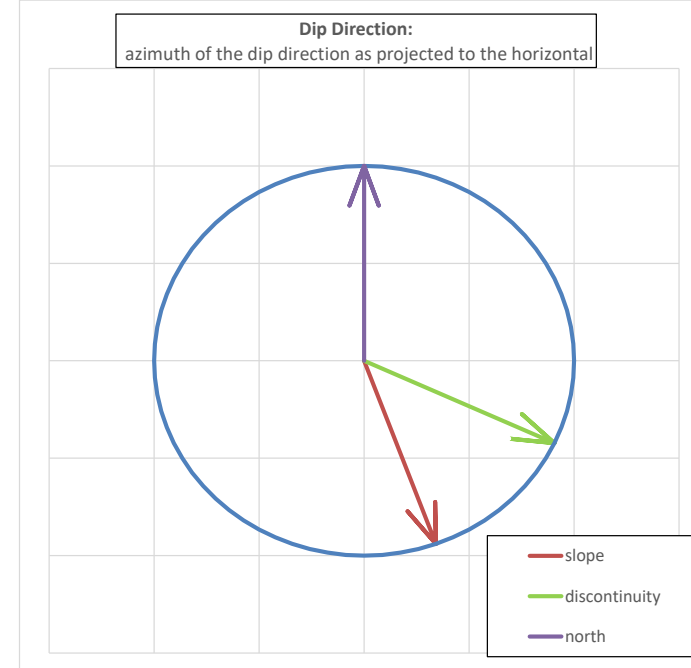
Auxiliar angles (degrees)	A	45°
	B	8°
	C	-68°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.22
F_2	0.15	0.18
F_3	-60.00	-59.72
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-1	-2

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	76	75
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_3
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	67	
-----------	----	--

Slope	α_s	160°	
	β_s	76°	
Discontinuity	α_j or α_i	135°	
	β_j or β_i	77°	

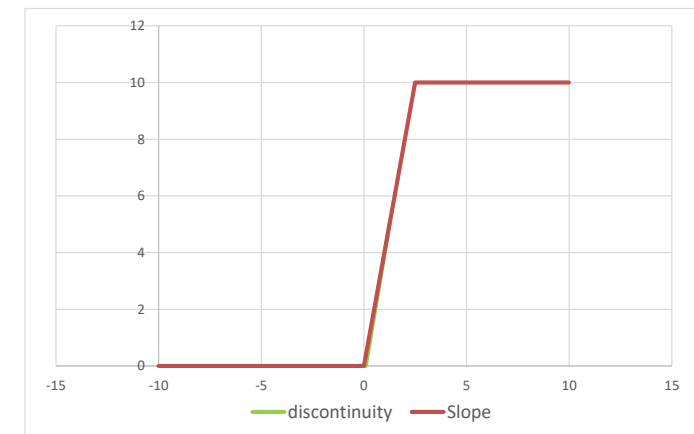
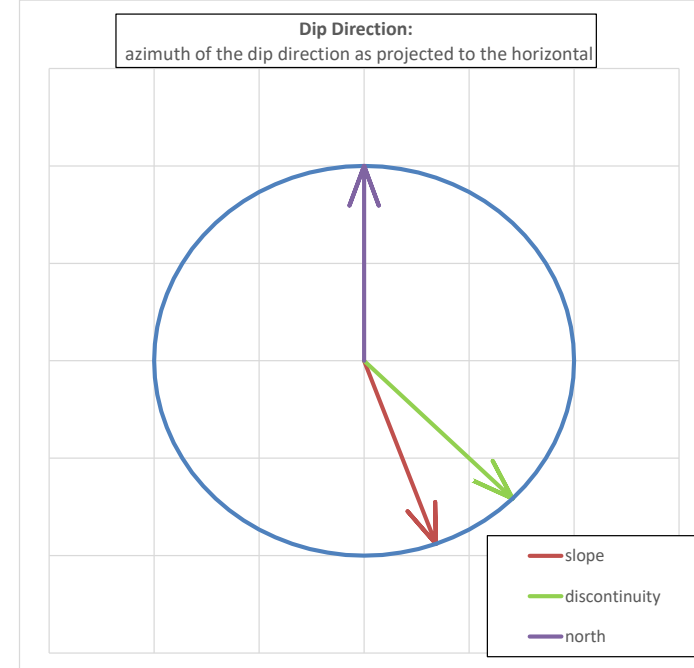
Auxiliar angles (degrees)	A	25°
	B	77°
	C	1°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.40	0.41
F ₂	1.00	0.99
F ₃	-6.00	-15.00
F ₁ x F ₂ x F ₃	-2	-6

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	75	71
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional



CLASIFICACIÓN SMR

3325_N_5_4

➤ F

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_4
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	50	
-----------	----	--

Slope	α_s	207°	
	β_s	70°	
Discontinuity	α_j or α_i	56°	
	β_j or β_i	74°	

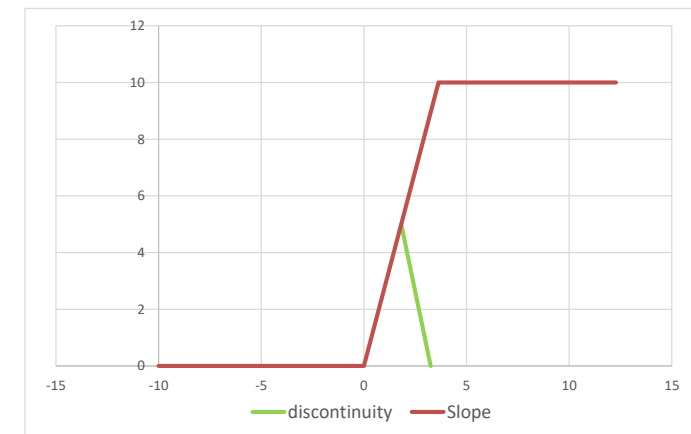
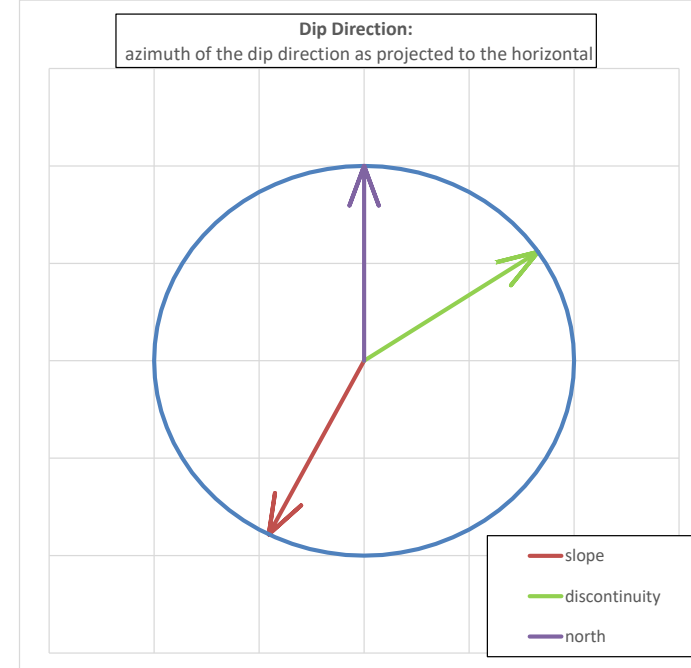
Auxiliar angles (degrees)	A	29°
	B	74°
	C	144°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.40	0.34
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-25.52
F ₁ x F ₂ x F ₃	-10	-9

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	50	51
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_4
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	50	<div style="width: 50%; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
-----------	----	---

Slope	α_s	207°	<div style="width: 20%; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
	β_s	70°	<div style="width: 20%; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
Discontinuity	α_j or α_i	156°	<div style="width: 20%; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
	β_j or β_i	31°	<div style="width: 20%; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>

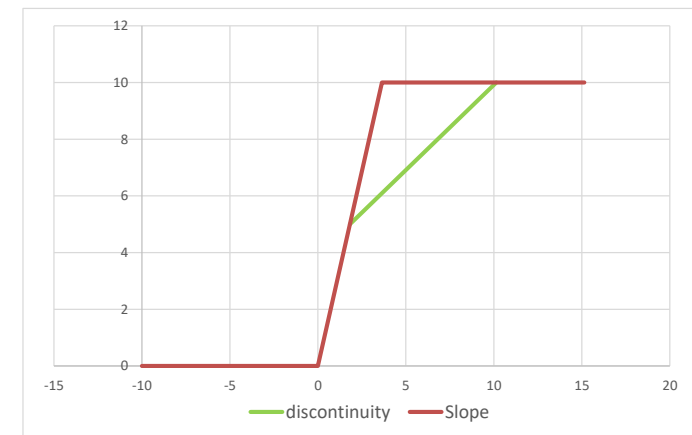
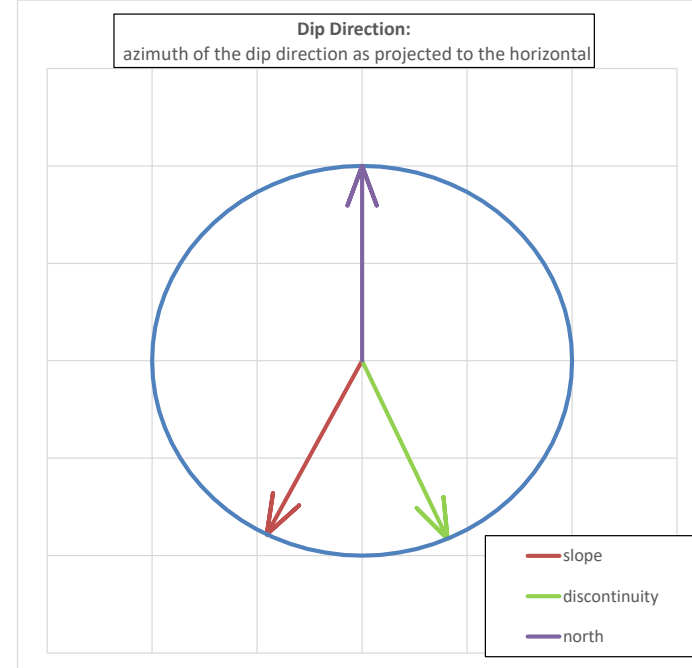
Auxiliar angles (degrees)	A	51°
	B	31°
	C	-39°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.20
F ₂	0.70	0.64
F ₃	-60.00	-59.51
F ₁ x F ₂ x F ₃	-6	-8

Excavation method	Presplitting
F ₄	10

	Discrete	Continuous
SMR	54	52
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_4
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	50	
-----------	----	--

Slope	α_s	207°	
	β_s	70°	
Discontinuity	α_j or α_i	287°	
	β_j or β_i	57°	

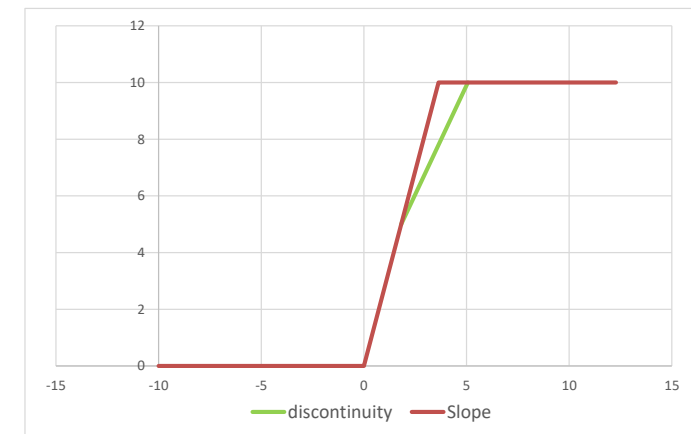
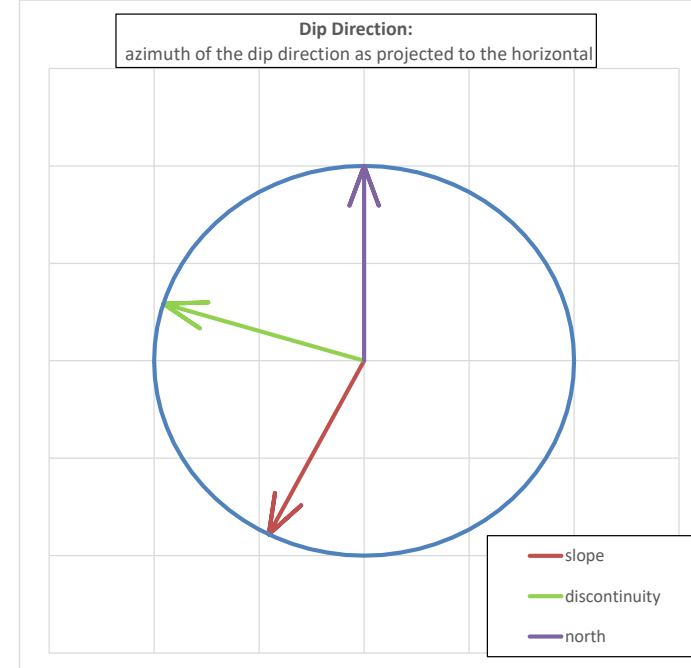
Auxiliar angles (degrees)	A	80°
	B	57°
	C	-13°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.15
F ₂	1.00	0.96
F ₃	-60.00	-58.53
F ₁ x F ₂ x F ₃	-9	-9

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	51	51
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_4
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	50	
-----------	----	--

Slope	α_s	207°	
	β_s	70°	
Discontinuity	α_j or α_i	220°	
	β_j or β_i	86°	

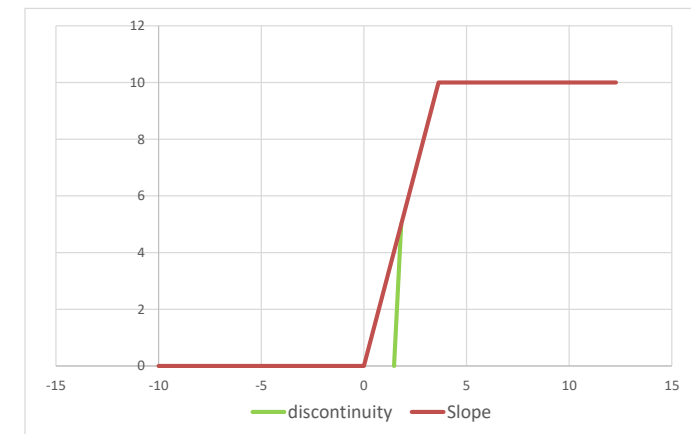
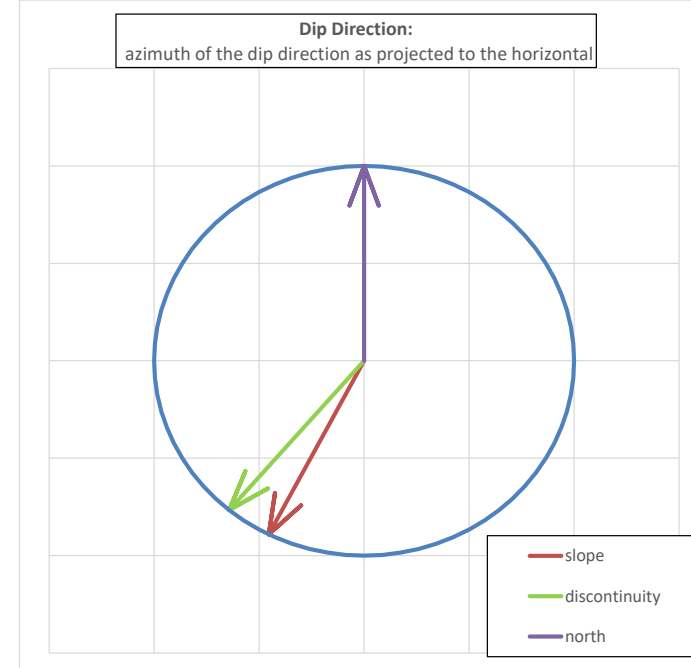
Auxiliar angles (degrees)	A	13°
	B	86°
	C	16°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.70	0.77
F ₂	1.00	0.99
F ₃	0.00	-1.19
F ₁ x F ₂ x F ₃	0	-1

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	60	59
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic



CLASIFICACIÓN SMR

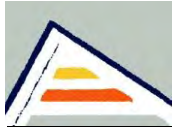
3325_N_5_5

➤ F

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_5
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	67	
-----------	----	--

Slope	α_s	208°	
	β_s	70°	
Discontinuity	α_j or α_i	53°	
	β_j or β_i	65°	

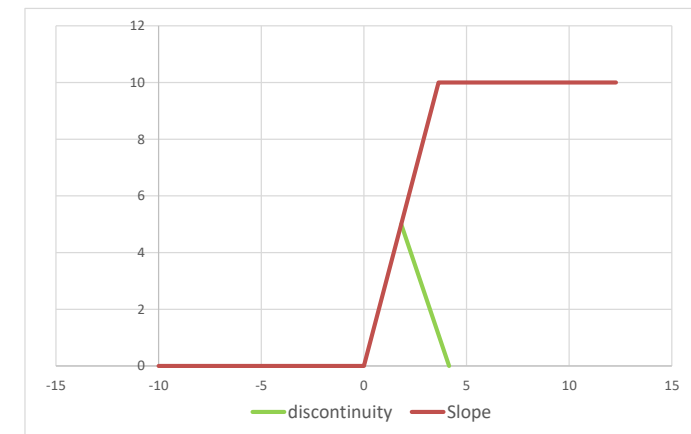
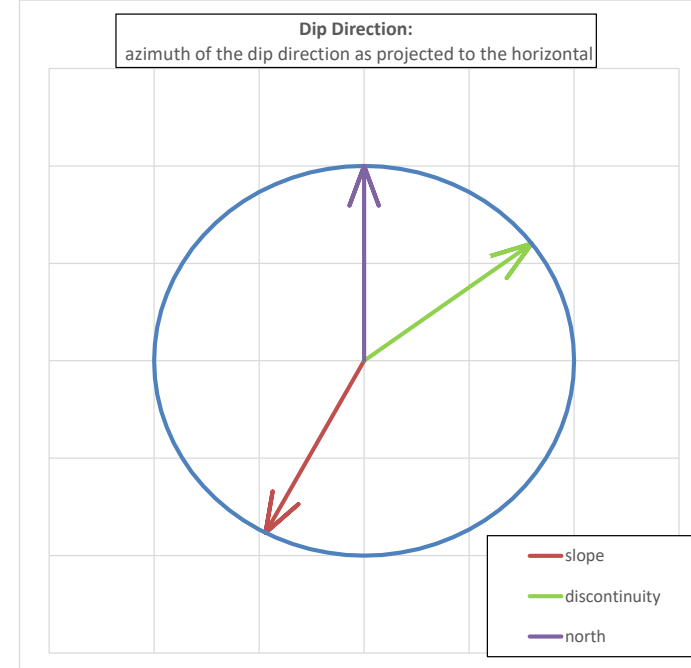
Auxiliar angles (degrees)	A	25°
	B	65°
	C	135°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.40	0.41
F_2	1.00	1.00
F_3	-25.00	-25.31
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-10	-10

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	67	67
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_5
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	67	
-----------	----	--

Slope	α_s	208°	
	β_s	70°	
Discontinuity	α_j or α_i	198°	
	β_j or β_i	45°	

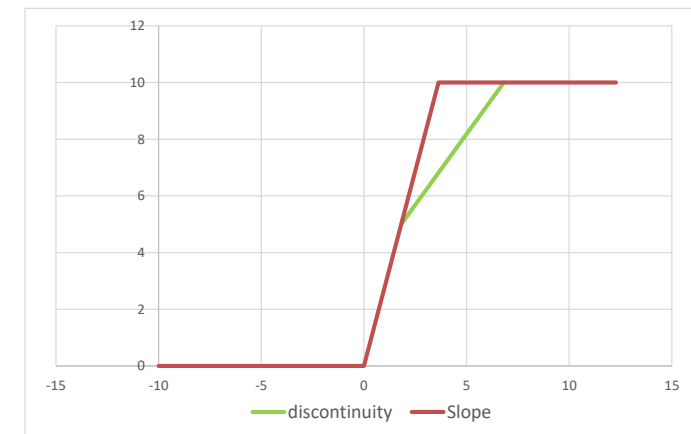
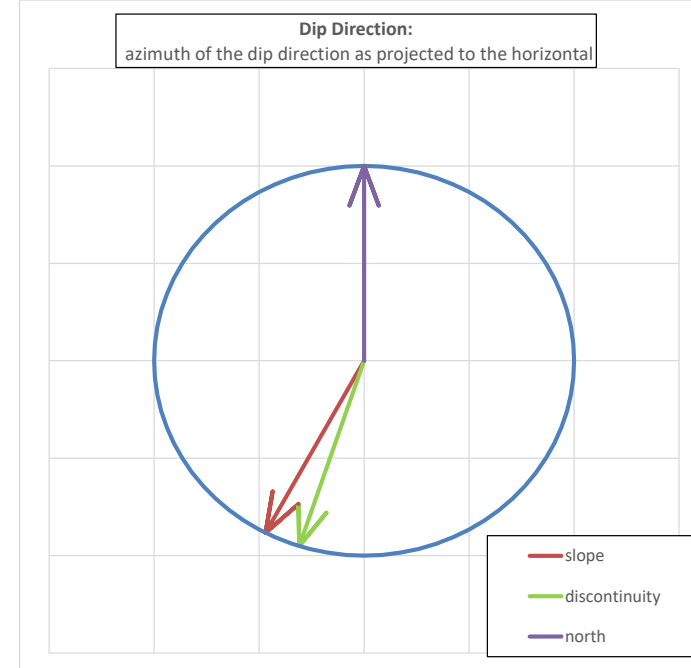
Auxiliar angles (degrees)	A	10°
	B	45°
	C	-25°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.70	0.85
F ₂	0.85	0.92
F ₃	-60.00	-59.24
F ₁ x F ₂ x F ₃	-36	-46

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	41	31
Class	III	IV

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Bad
Stability	Partially stable	Unstable
Failures	Some joints or many wedges	Planar or big wedges
Support	Systematic	Important/corrective





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_5
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	67	
-----------	----	--

Slope	α_s	208°	
	β_s	70°	
Discontinuity	α_j or α_i	206°	
	β_j or β_i	33°	

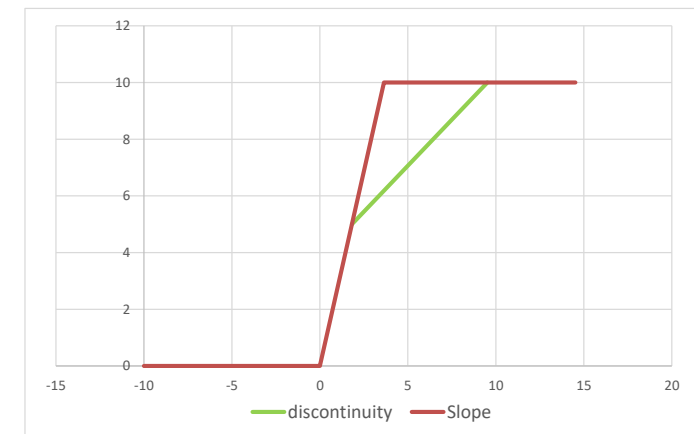
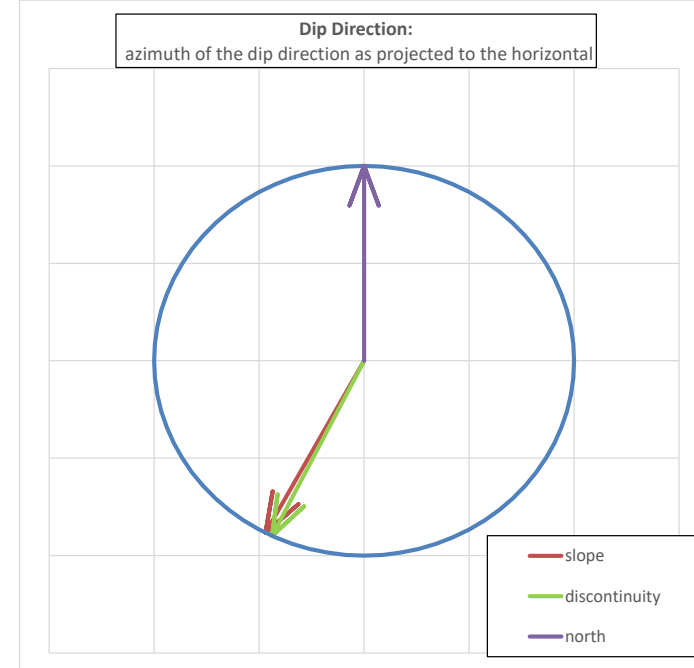
Auxiliar angles (degrees)	A	2°
	B	33°
	C	-37°
Failure Type	Wedge/Planar	

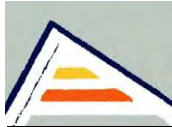
Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	1.00	0.98
F ₂	0.70	0.72
F ₃	-60.00	-59.48
F ₁ x F ₂ x F ₃	-42	-42

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	35	35
Class	IV	IV

	Discrete	Continuous
Description	Bad	Bad
Stability	Unstable	Unstable
Failures	Planar or big wedges	Planar or big wedges
Support	Important/corrective	Important/corrective





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_5
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	67	
-----------	----	--

Slope	α_s	208°	
	β_s	70°	
Discontinuity	α_j or α_i	43°	
	β_j or β_i	65°	

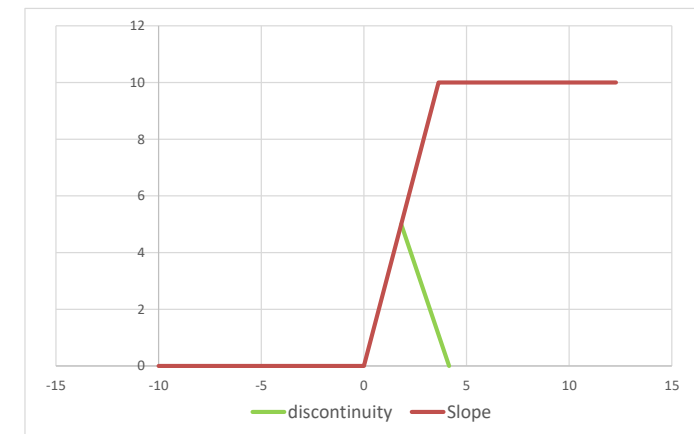
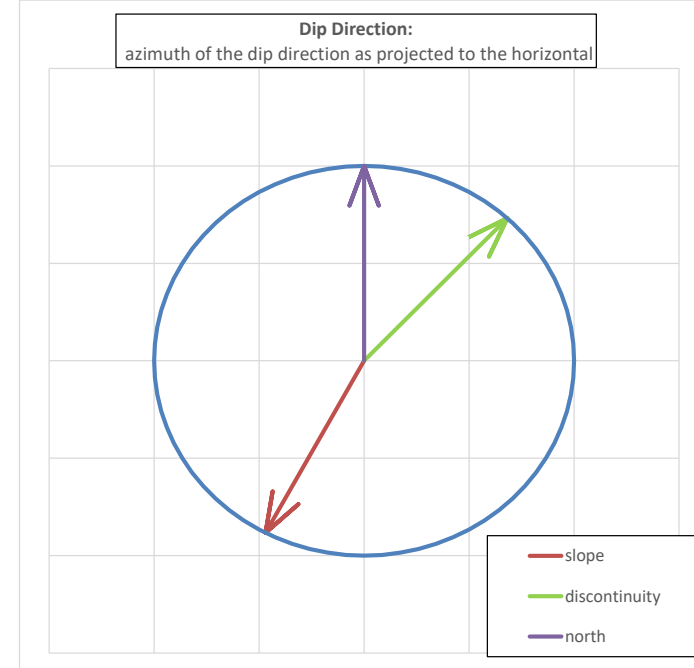
Auxiliar angles (degrees)	A	15°
	B	65°
	C	135°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.70	0.71
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-25.31
F ₁ x F ₂ x F ₃	-18	-18

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	59	59
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_5
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	67	
-----------	----	--

Slope	α_s	208°	
	β_s	70°	
Discontinuity	α_j or α_i	95°	
	β_j or β_i	37°	

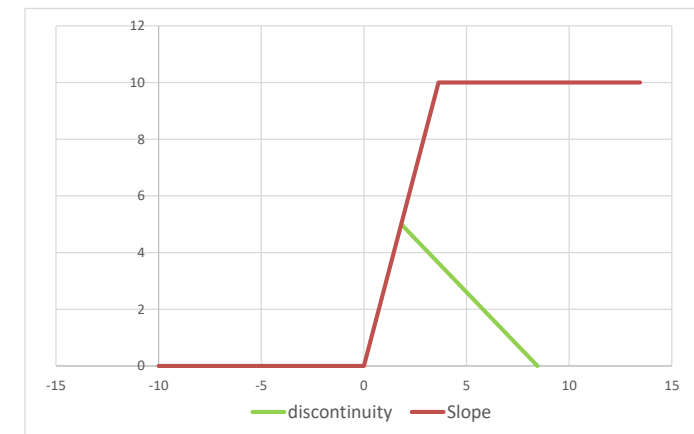
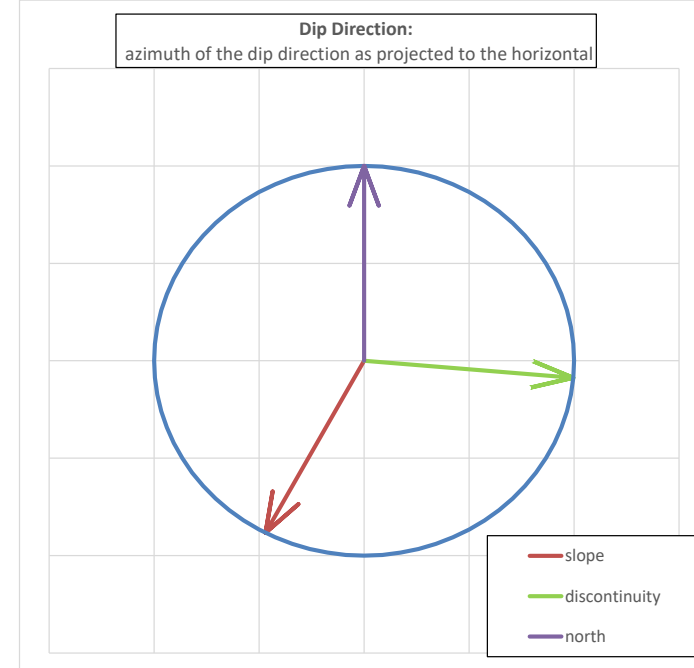
Auxiliar angles (degrees)	A	67°
	B	37°
	C	107°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.17
F_2	1.00	1.00
F_3	0.00	-0.77
$F_1 \times F_2 \times F_3$	0	0

Excavation method	Presplitting
F_4	10

	Discrete	Continuous
SMR	77	77
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional



CLASIFICACIÓN SMR

3325_N_5_6

➤ F

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_6
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	57	
-----------	----	--

Slope	α_s	185°	
	β_s	68°	
Discontinuity	α_j or α_i	62°	
	β_j or β_i	38°	

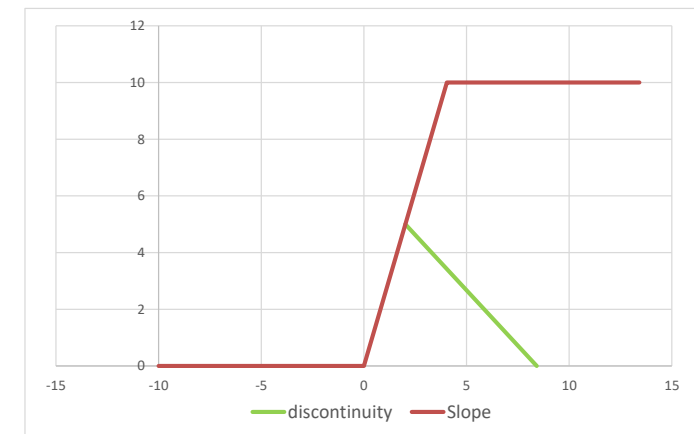
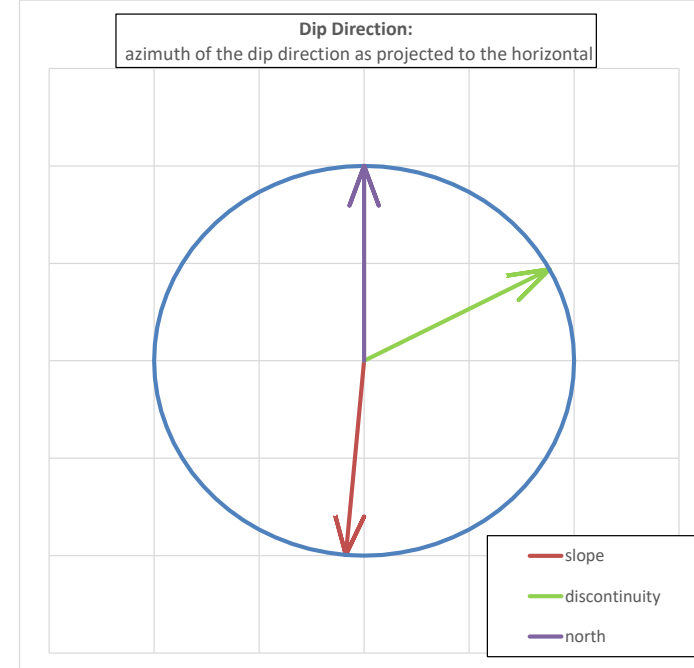
Auxiliar angles (degrees)	A	57°
	B	38°
	C	106°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.18
F_2	1.00	1.00
F_3	0.00	-0.73
$F_1 \times F_2 \times F_3$	0	0

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	67	67
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_6
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	57	
-----------	----	--

Slope	α_s	185°	
	β_s	68°	
Discontinuity	α_j or α_i	8°	
	β_j or β_i	59°	

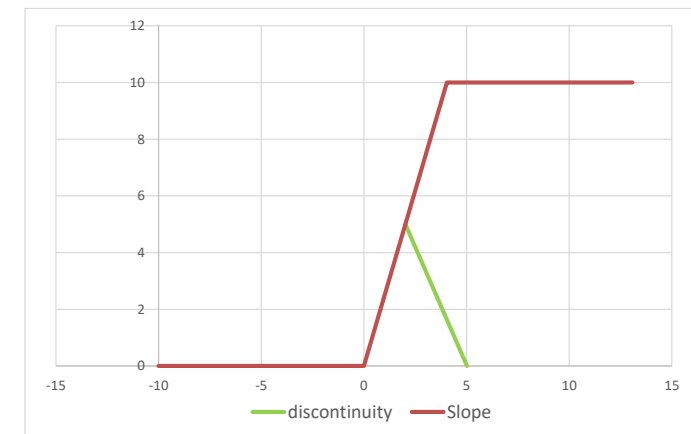
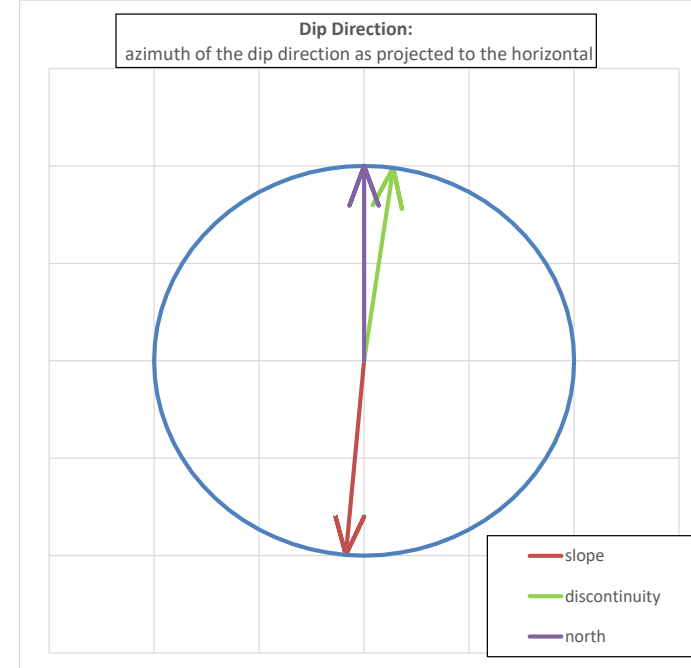
Auxiliar angles (degrees)	A	3°
	B	59°
	C	127°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	1.00	0.97
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-24.70
F ₁ x F ₂ x F ₃	-25	-24

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	42	43
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_6
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	57	
-----------	----	--

Slope	α_s	185°	
	β_s	68°	
Discontinuity	α_j or α_i	205°	
	β_j or β_i	37°	

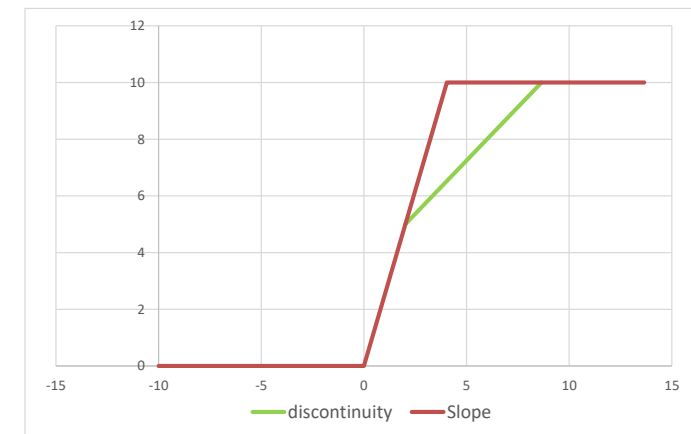
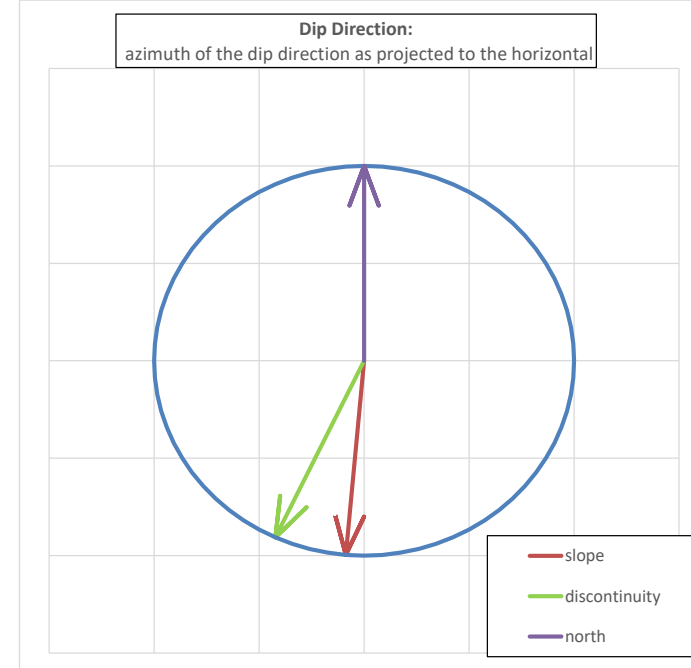
Auxiliar angles (degrees)	A	20°
	B	37°
	C	-31°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.40	0.54
F ₂	0.85	0.83
F ₃	-60.00	-59.38
F ₁ x F ₂ x F ₃	-20	-27

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	47	40
Class	III	IV

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Bad
Stability	Partially stable	Unstable
Failures	Some joints or many wedges	Planar or big wedges
Support	Systematic	Important/corrective





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_N_5_6
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	57	
-----------	----	--

Slope	α_s	185°	
	β_s	68°	
Discontinuity	α_j or α_i	266°	
	β_j or β_i	35°	

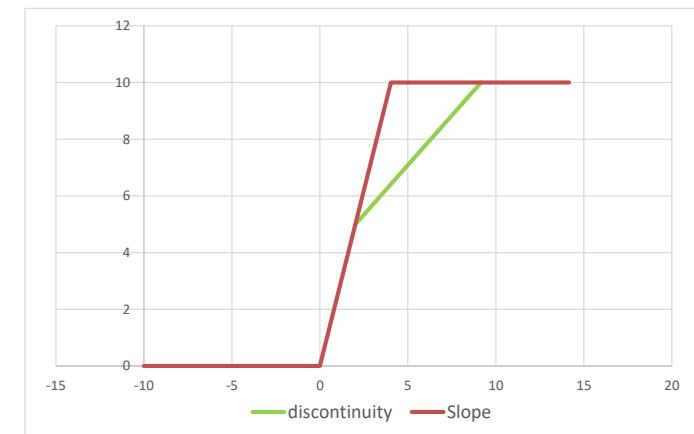
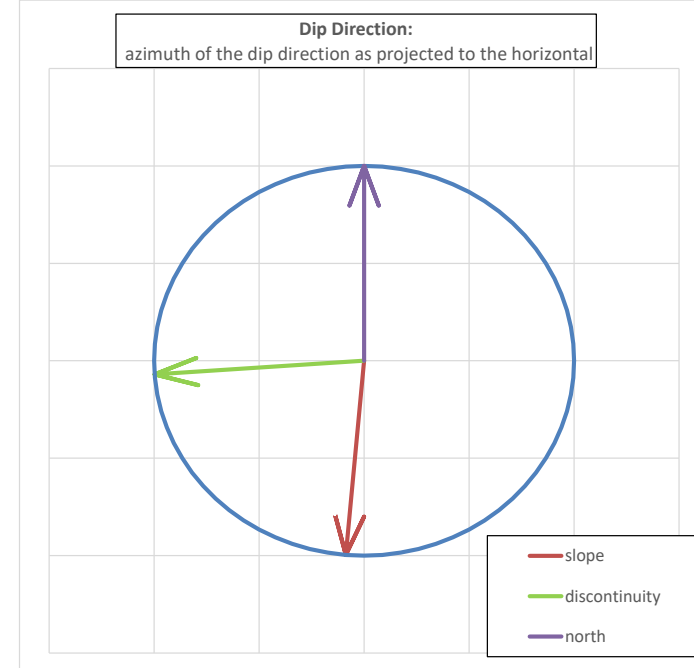
Auxiliar angles (degrees)	A	81°
	B	35°
	C	-33°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→	Romana (1993)	Tomás et al (2007)
Coefficients ↓	Discrete values	Continuous values
F_1	0.15	0.15
F_2	0.70	0.79
F_3	-60.00	-59.42
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-6	-7

Excavation method	Presplitting
F_4	10

	Discrete	Continuous
SMR	61	60
Class	II	III

	Discrete	Continuous
Description	Good	Normal
Stability	Stable	Partially stable
Failures	Some blocks	Some joints or many wedges
Support	Occasional	Systematic



CLASIFICACIÓN SMR

3325_NO_5_11

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_11
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	71	
-----------	----	--

Slope	α_s	153°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	201°	
	β_j or β_i	83°	

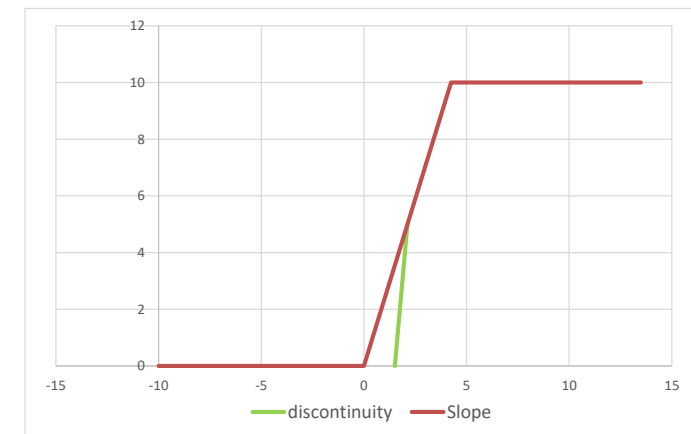
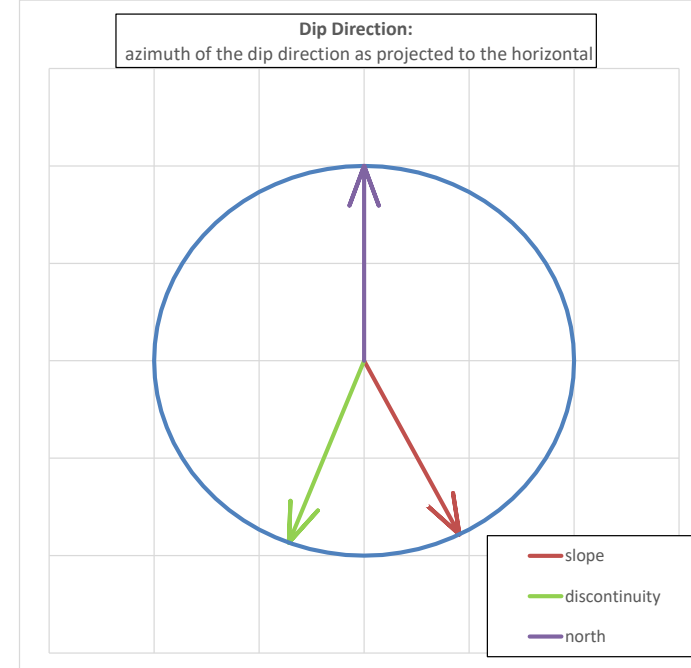
Auxiliar angles (degrees)	A	48°
	B	83°
	C	16°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.21
F_2	1.00	0.99
F_3	0.00	-1.19
$F_1 \times F_2 \times F_3$	0	0

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	81	81
Class	I	I

	Discrete	Continuous
Description	Very good	Very good
Stability	Completely stable	Completely stable
Failures	None	None
Support	None	None





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_11
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	71	
-----------	----	--

Slope	α_s	153°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	137°	
	β_j or β_i	32°	

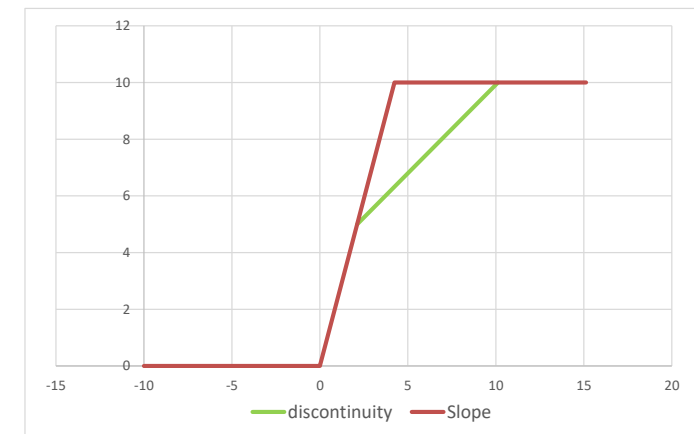
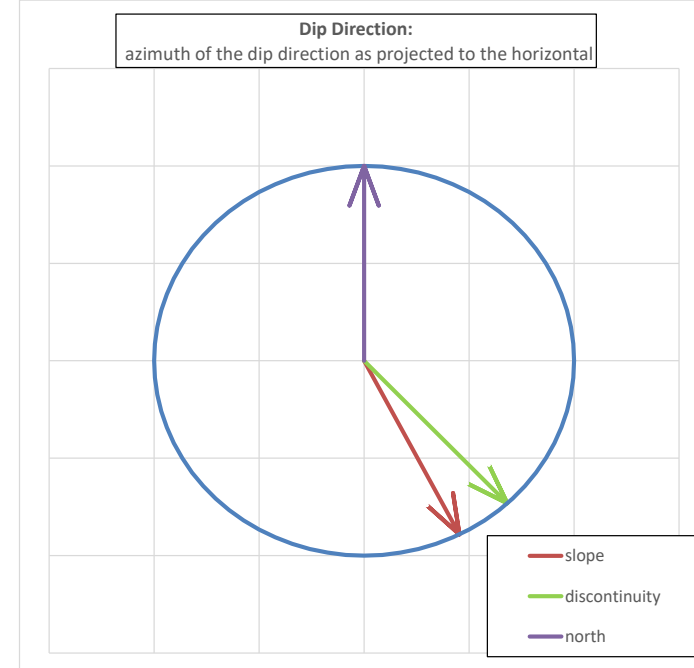
Auxiliar angles (degrees)	A	16°
	B	32°
	C	-35°
Failure Type	Wedge/Planar	

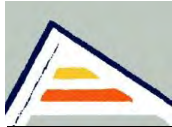
Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.70	0.67
F ₂	0.70	0.68
F ₃	-60.00	-59.45
F ₁ x F ₂ x F ₃	-29	-27

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	52	54
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_11
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	71	
-----------	----	--

Slope	α_s	153°	
	β_s	67°	
Discontinuity	α_j or α_i	104°	
	β_j or β_i	80°	

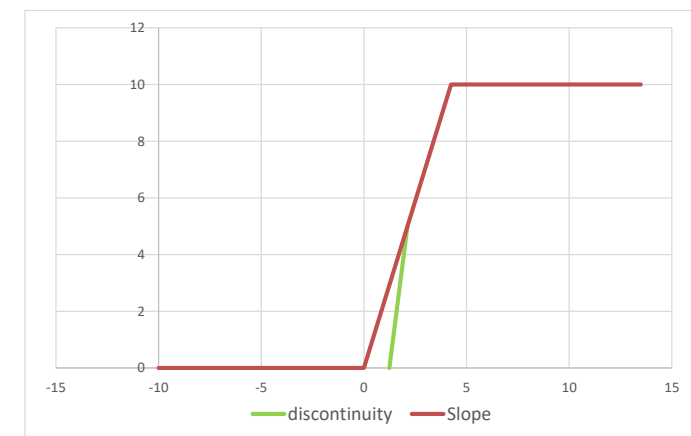
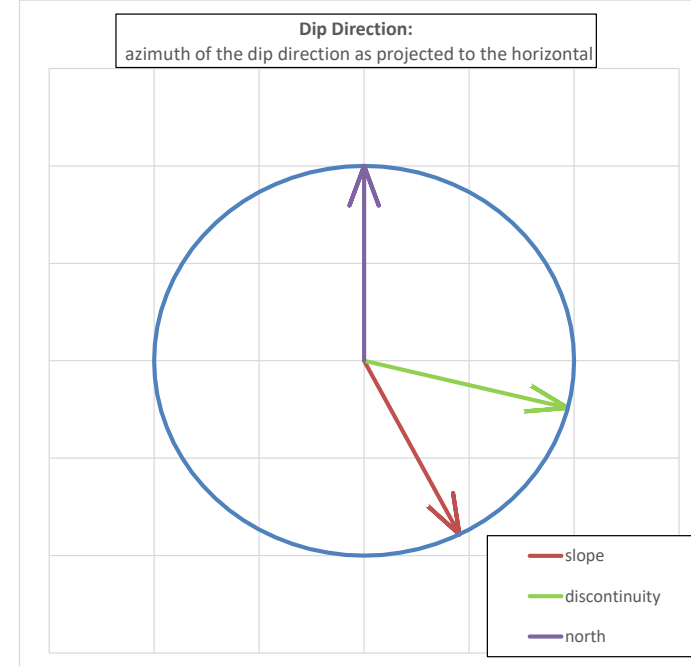
Auxiliar angles (degrees)	A	49°
	B	80°
	C	13°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.20
F ₂	1.00	0.99
F ₃	0.00	-1.47
F ₁ x F ₂ x F ₃	0	0

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	81	81
Class	I	I

	Discrete	Continuous
Description	Very good	Very good
Stability	Completely stable	Completely stable
Failures	None	None
Support	None	None



CLASIFICACIÓN SMR

3325_NO_5_12

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3

➤ JS4



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_12
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	53	
-----------	----	--

Slope	α_s	146°	
	β_s	70°	
Discontinuity	α_j or α_i	108°	
	β_j or β_i	44°	

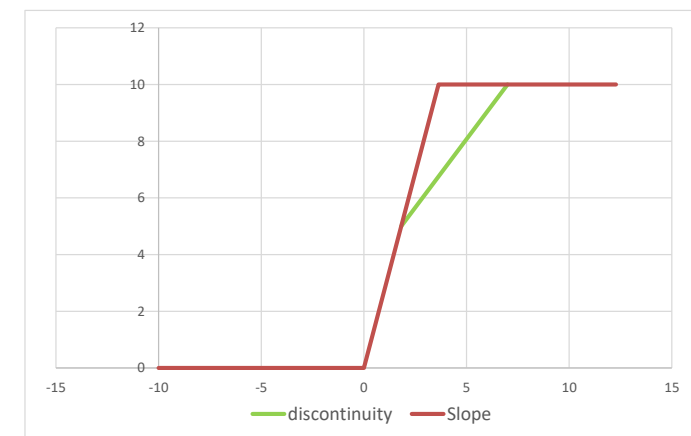
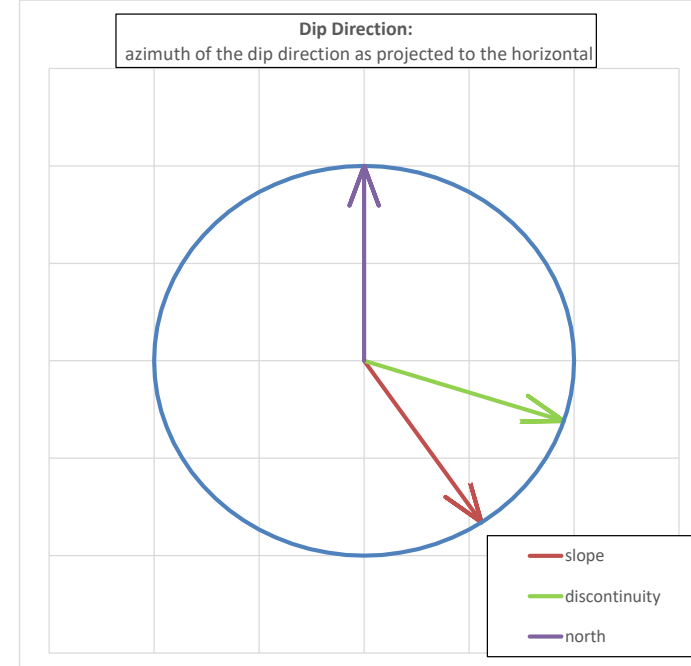
Auxiliar angles (degrees)	A	38°
	B	44°
	C	-26°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.25
F_2	0.85	0.91
F_3	-60.00	-59.27
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-8	-14

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	55	49
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_12
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	53	
-----------	----	--

Slope	α_s	146°	
	β_s	70°	
Discontinuity	α_j or α_i	110°	
	β_j or β_i	86°	

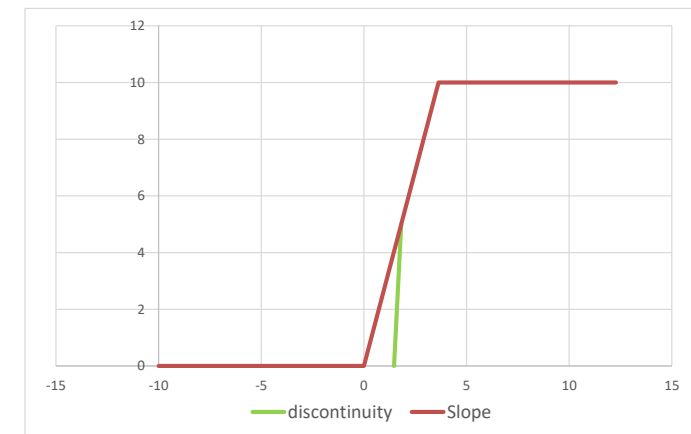
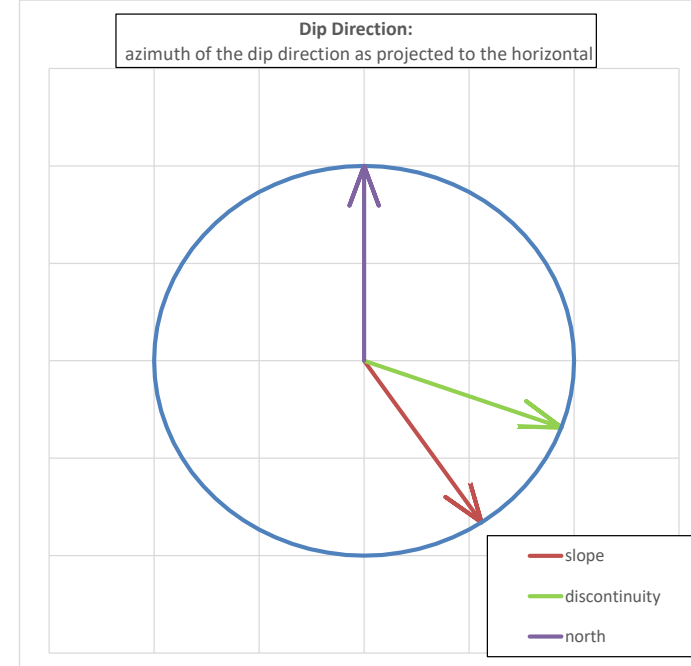
Auxiliar angles (degrees)	A	36°
	B	86°
	C	16°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.27
F_2	1.00	0.99
F_3	0.00	-1.19
$F_1 \times F_2 \times F_3$	0	0

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	63	63
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_12
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	53	
-----------	----	--

Slope	α_s	146°	
	β_s	70°	
Discontinuity	α_j or α_i	207°	
	β_j or β_i	80°	

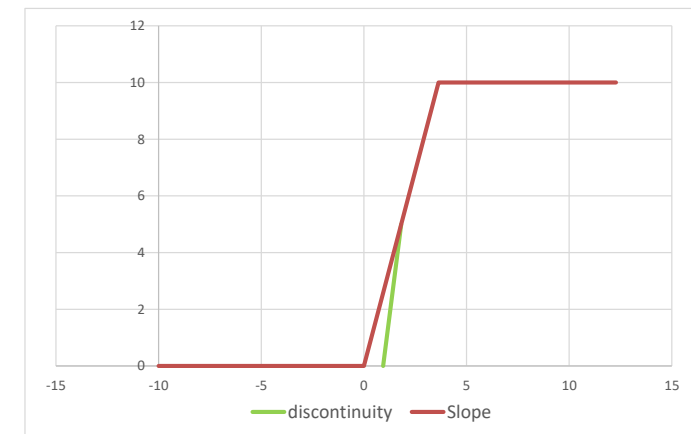
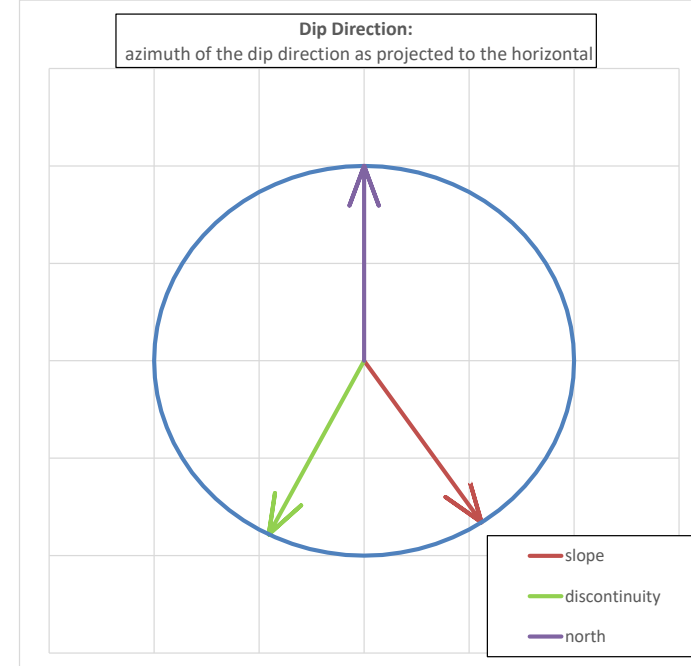
Auxiliar angles (degrees)	A	61°
	B	80°
	C	10°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.18
F_2	1.00	0.99
F_3	-6.00	-1.90
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-1	0

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	62	63
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_12
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	53	
-----------	----	--

Slope	α_s	146°	
	β_s	70°	
Discontinuity	α_j or α_i	122°	
	β_j or β_i	56°	

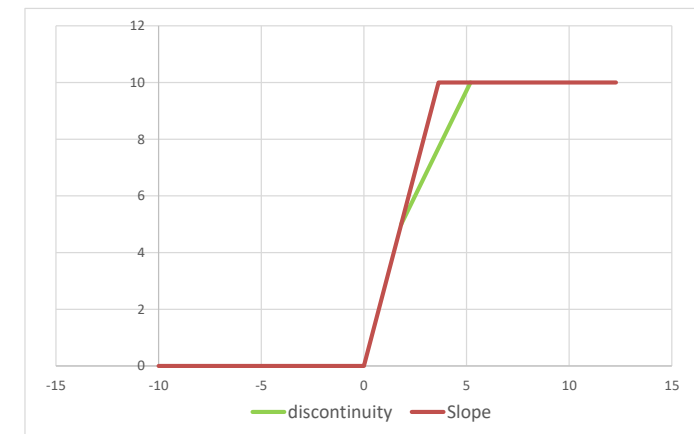
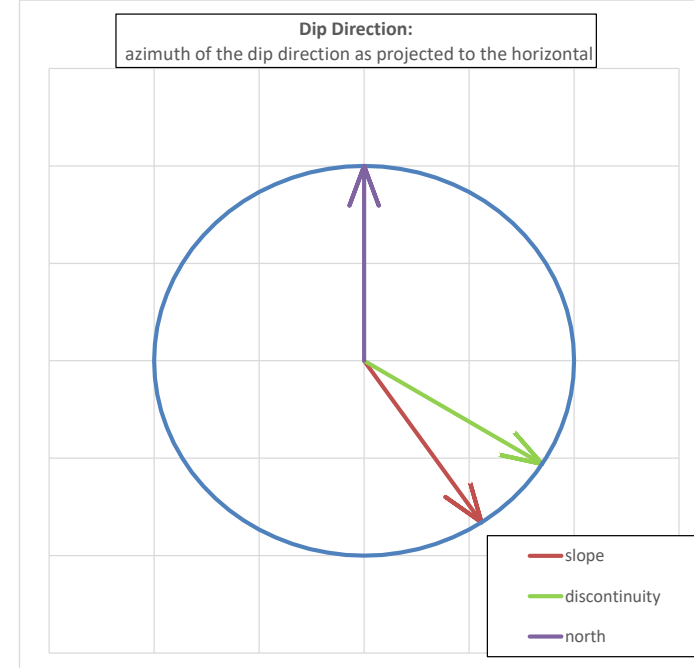
Auxiliar angles (degrees)	A	24°
	B	56°
	C	-14°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.40	0.43
F ₂	1.00	0.96
F ₃	-60.00	-58.64
F ₁ x F ₂ x F ₃	-24	-24

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	39	39
Class	IV	IV

	Discrete	Continuous
Description	Bad	Bad
Stability	Unstable	Unstable
Failures	Planar or big wedges	Planar or big wedges
Support	Important/corrective	Important/corrective



CLASIFICACIÓN SMR

3325_NO_5_13

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3

➤ JS4



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_13
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	52	
-----------	----	--

Slope	α_s	144°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	94°	
	β_j or β_i	57°	

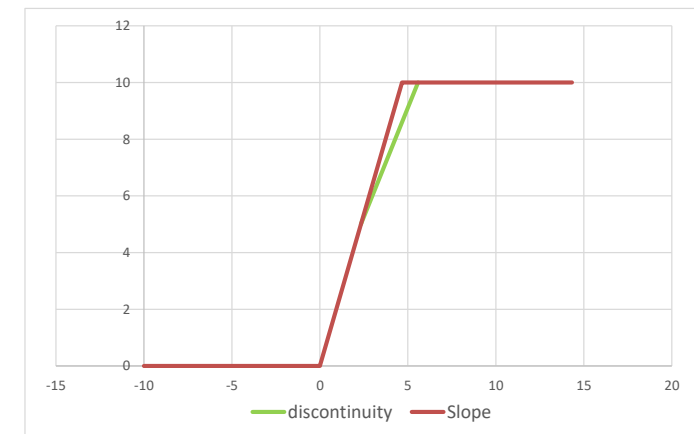
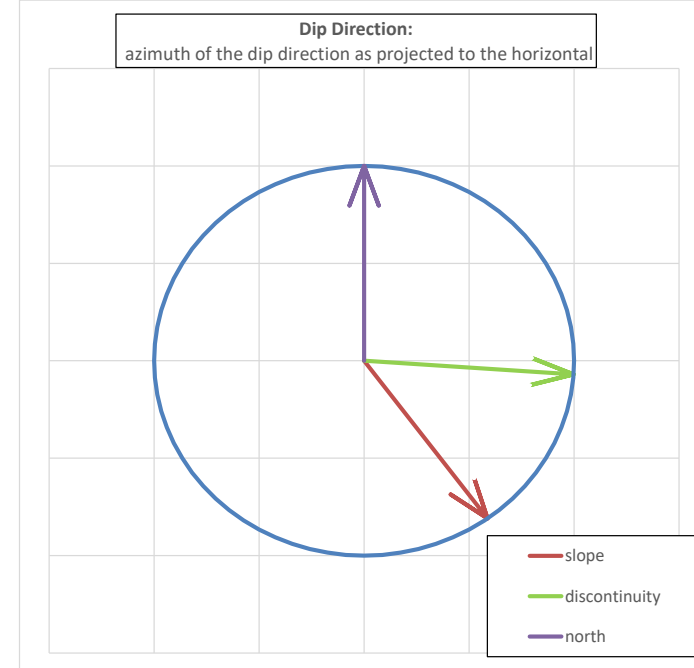
Auxiliar angles (degrees)	A	50°
	B	57°
	C	-8°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.20
F ₂	1.00	0.96
F ₃	-50.00	-57.62
F ₁ x F ₂ x F ₃	-8	-11

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	54	51
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_13
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	52	
-----------	----	--

Slope	α_s	144°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	215°	
	β_j or β_i	81°	

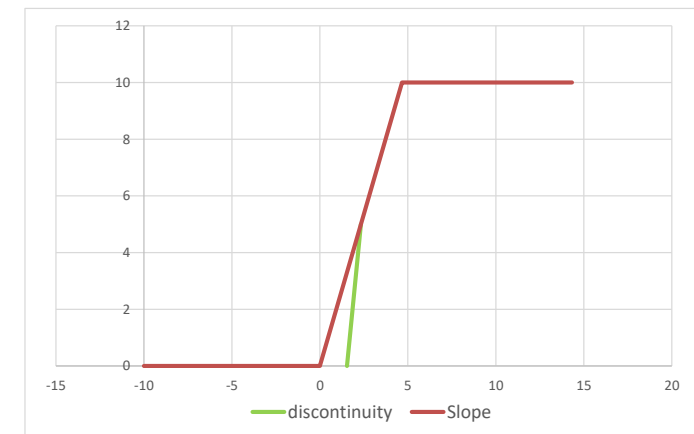
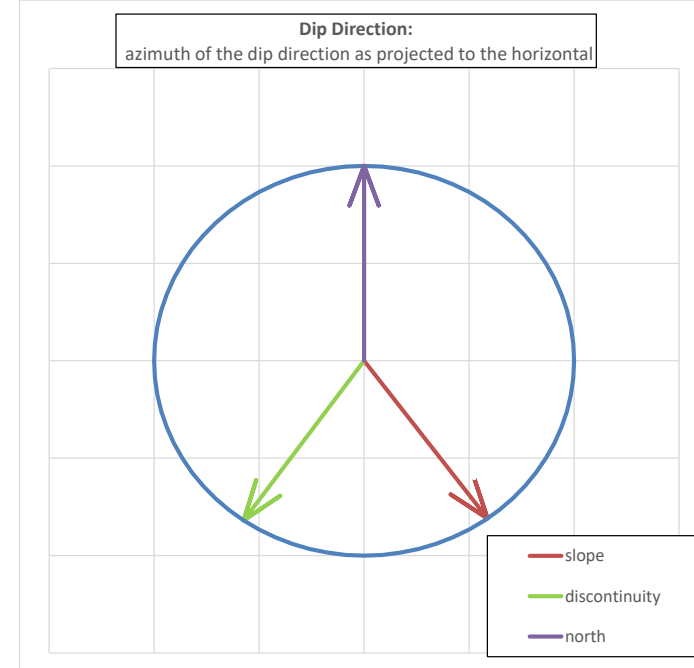
Auxiliar angles (degrees)	A	71°
	B	81°
	C	16°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.16
F ₂	1.00	0.99
F ₃	0.00	-1.19
F ₁ x F ₂ x F ₃	0	0

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	62	62
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_13
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	52	
-----------	----	--

Slope	α_s	144°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	188°	
	β_j or β_i	27°	

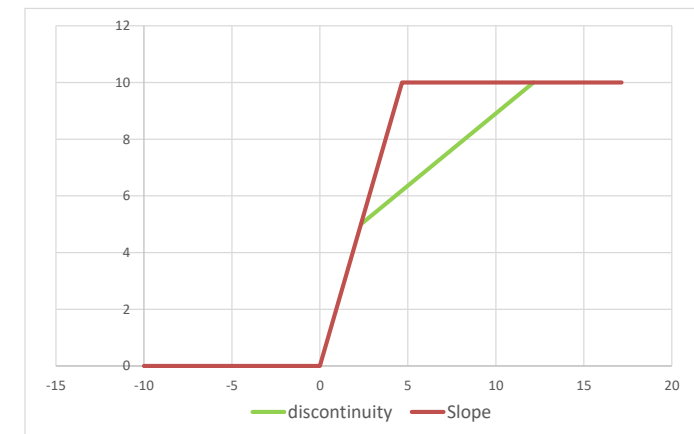
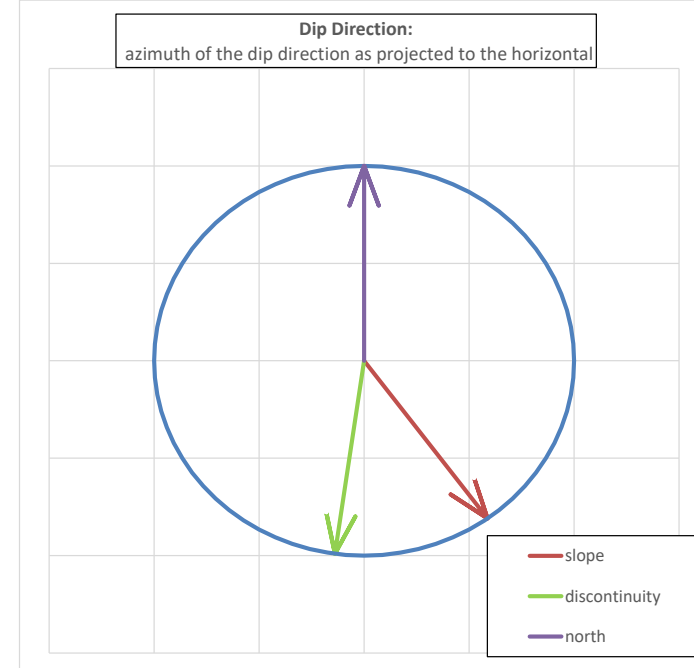
Auxiliar angles (degrees)	A	44°
	B	27°
	C	-38°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.22
F_2	0.40	0.45
F_3	-60.00	-59.50
$F_1 \times F_2 \times F_3$	-4	-6

Excavation method	Presplitting	
F_4	10	

	Discrete	Continuous
SMR	58	56
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_13
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	52	
-----------	----	--

Slope	α_s	144°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	180°	
	β_j or β_i	25°	

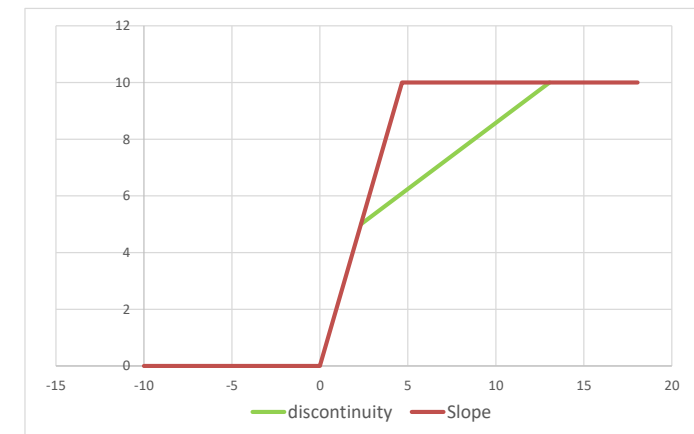
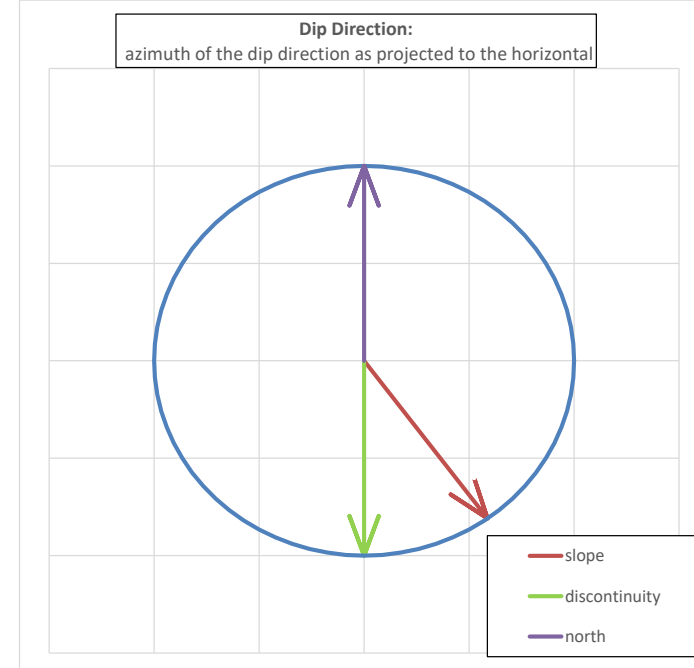
Auxiliar angles (degrees)	A	36°
	B	25°
	C	-40°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.27
F ₂	0.40	0.37
F ₃	-60.00	-59.52
F ₁ x F ₂ x F ₃	-4	-6

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	58	56
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic



CLASIFICACIÓN SMR

3325_NO_5_14

➤ F

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_14
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	41	
-----------	----	--

Slope	α_s	141°	
	β_s	63°	
Discontinuity	α_j or α_i	338°	
	β_j or β_i	78°	

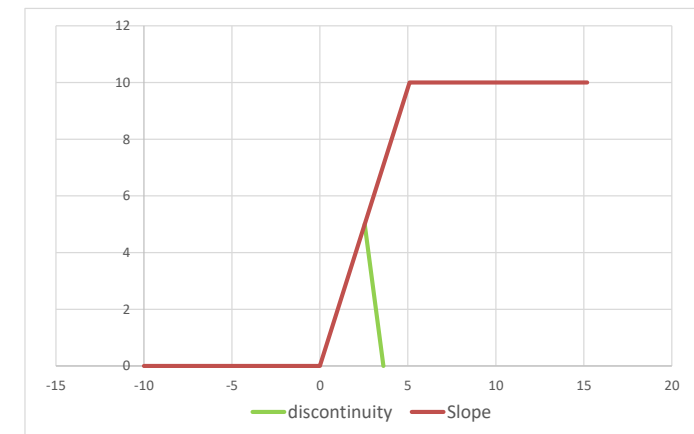
Auxiliar angles (degrees)	A	17°
	B	78°
	C	141°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.70	0.64
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-25.47
F ₁ x F ₂ x F ₃	-18	-16

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	33	35
Class	IV	IV

	Discrete	Continuous
Description	Bad	Bad
Stability	Unstable	Unstable
Failures	Planar or big wedges	Planar or big wedges
Support	Important/corrective	Important/corrective





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_14
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	41	
-----------	----	--

Slope	α_s	141°	
	β_s	63°	
Discontinuity	α_j or α_i	156°	
	β_j or β_i	46°	

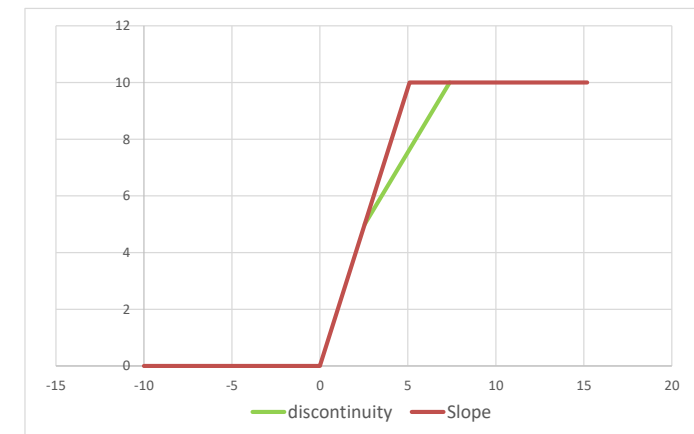
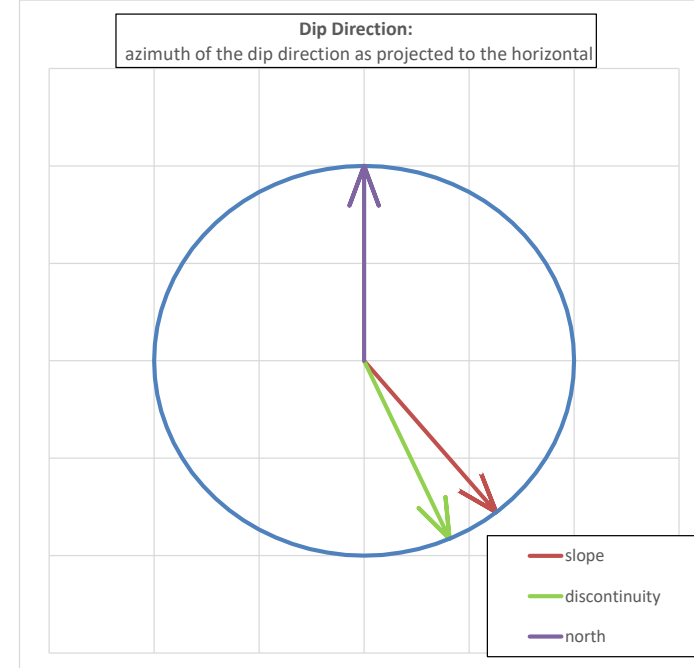
Auxiliar angles (degrees)	A	15°
	B	46°
	C	-17°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.70	0.71
F ₂	1.00	0.92
F ₃	-60.00	-58.88
F ₁ x F ₂ x F ₃	-42	-39

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	9	12
Class	V	V

	Discrete	Continuous
Description	Very bad	Very bad
Stability	Completely unstable	Completely unstable
Failures	Big planar or soil-like	Big planar or soil-like
Support	Reexcavation	Reexcavation





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_14
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	41	<div style="width: 41px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
-----------	----	--

Slope	α_s	141°	<div style="width: 141px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
	β_s	63°	<div style="width: 63px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
Discontinuity	α_j or α_i	211°	<div style="width: 211px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>
	β_j or β_i	78°	<div style="width: 78px; height: 10px; background-color: #ccc;"></div>

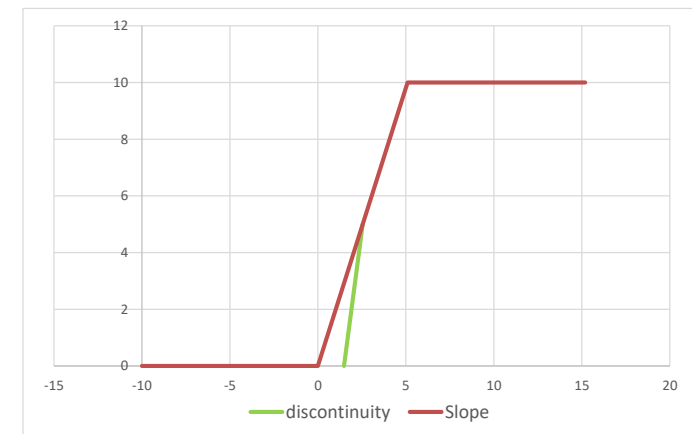
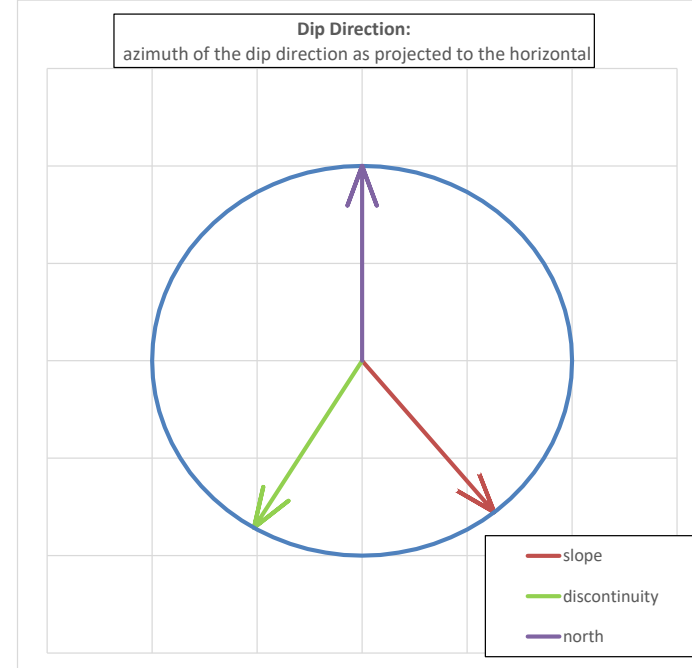
Auxiliar angles (degrees)	A	70°
	B	78°
	C	15°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F_1	0.15	0.16
F_2	1.00	0.99
F_3	0.00	-1.27
$F_1 \times F_2 \times F_3$	0	0

Excavation method	Presplitting
F_4	10

	Discrete	Continuous
SMR	51	51
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_14
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	41	
-----------	----	--

Slope	α_s	141°	
	β_s	63°	
Discontinuity	α_j or α_i	306°	
	β_j or β_i	65°	

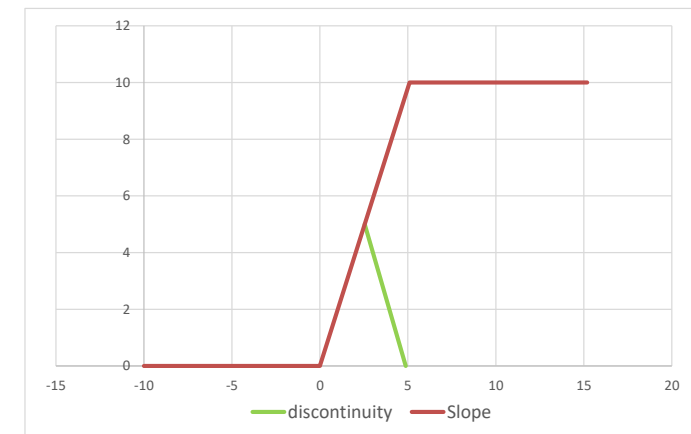
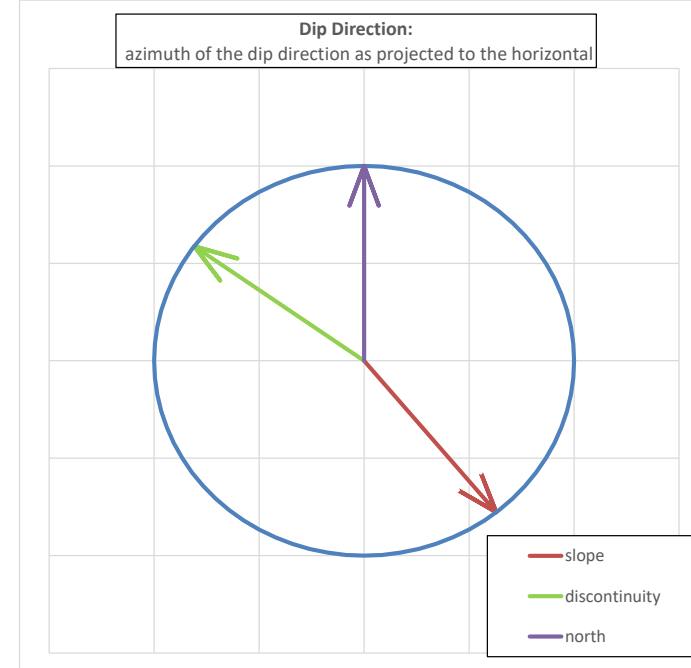
Auxiliar angles (degrees)	A	15°
	B	65°
	C	128°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.70	0.71
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-24.84
F ₁ x F ₂ x F ₃	-18	-18

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	33	33
Class	IV	IV

	Discrete	Continuous
Description	Bad	Bad
Stability	Unstable	Unstable
Failures	Planar or big wedges	Planar or big wedges
Support	Important/corrective	Important/corrective



CLASIFICACIÓN SMR

3325_NO_5_15

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3

➤ JS4



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_15
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	56	
-----------	----	--

Slope	α_s	140°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	156°	
	β_j or β_i	45°	

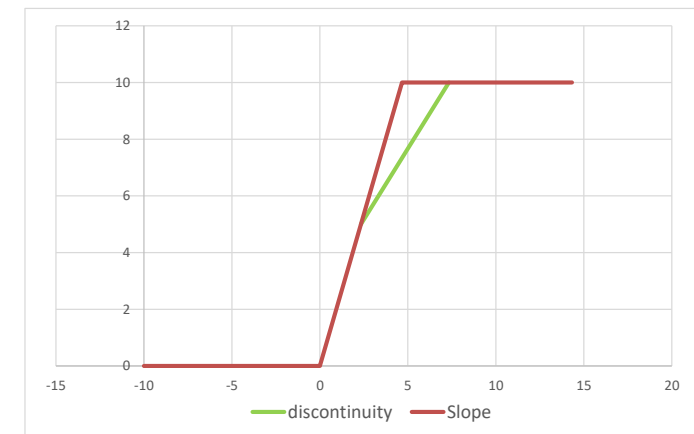
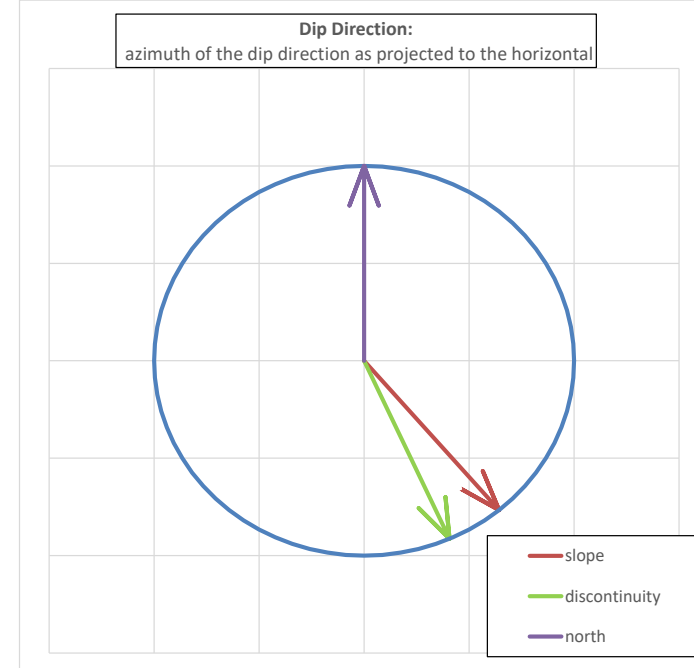
Auxiliar angles (degrees)	A	16°
	B	45°
	C	-20°
Failure Type	Wedge/Planar	

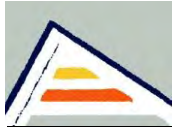
Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.70	0.67
F ₂	0.85	0.92
F ₃	-60.00	-59.05
F ₁ x F ₂ x F ₃	-36	-37

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	30	29
Class	IV	IV

	Discrete	Continuous
Description	Bad	Bad
Stability	Unstable	Unstable
Failures	Planar or big wedges	Planar or big wedges
Support	Important/corrective	Important/corrective





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_15
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	56	
-----------	----	--

Slope	α_s	140°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	210°	
	β_j or β_i	86°	

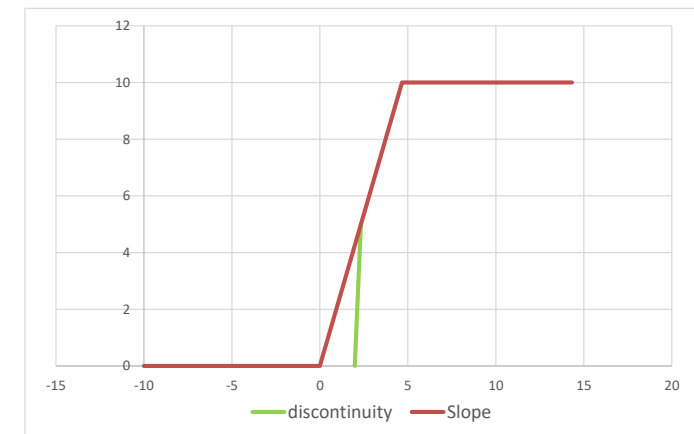
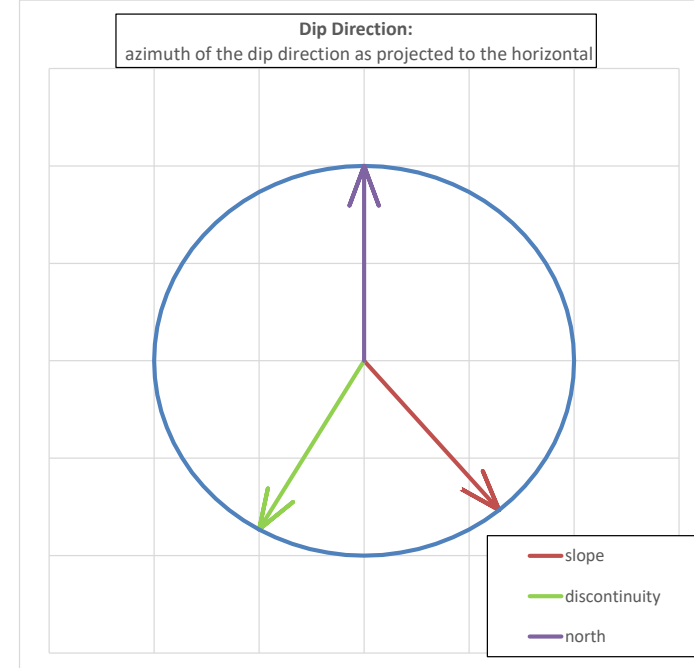
Auxiliar angles (degrees)	A	70°
	B	86°
	C	21°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→	Romana (1993)	Tomás et al (2007)
Coefficients ↓	Discrete values	Continuous values
F ₁	0.15	0.16
F ₂	1.00	0.99
F ₃	0.00	-0.91
F ₁ x F ₂ x F ₃	0	0

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	66	66
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_15
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	56	
-----------	----	--

Slope	α_s	140°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	300°	
	β_j or β_i	64°	

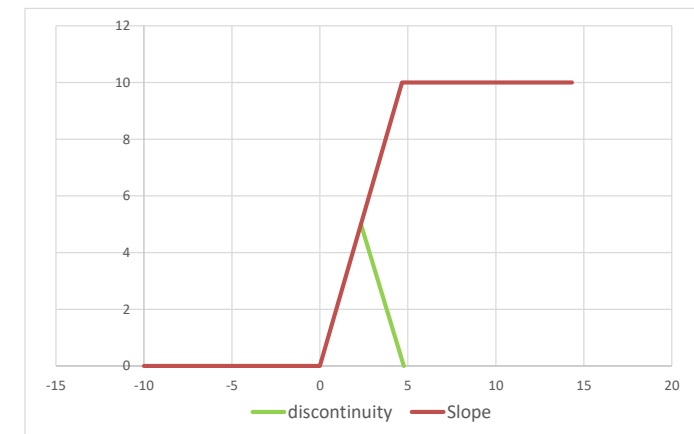
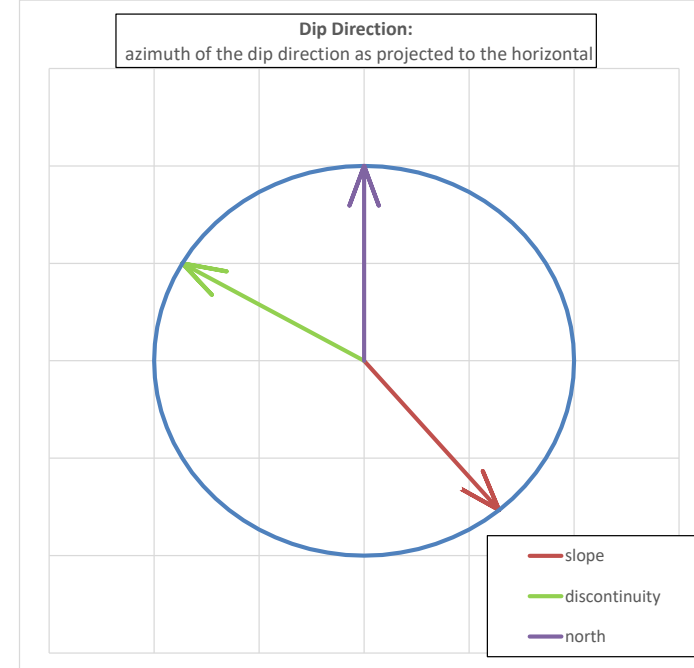
Auxiliar angles (degrees)	A	20°
	B	64°
	C	129°
Failure Type	Toppling	

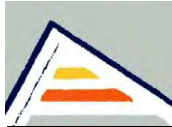
Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.40	0.54
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-24.95
F ₁ x F ₂ x F ₃	-10	-13

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	56	53
Class	III	III

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Normal
Stability	Partially stable	Partially stable
Failures	Some joints or many wedges	Some joints or many wedges
Support	Systematic	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adriquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_15
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	56	
-----------	----	--

Slope	α_s	140°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	158°	
	β_j or β_i	62°	

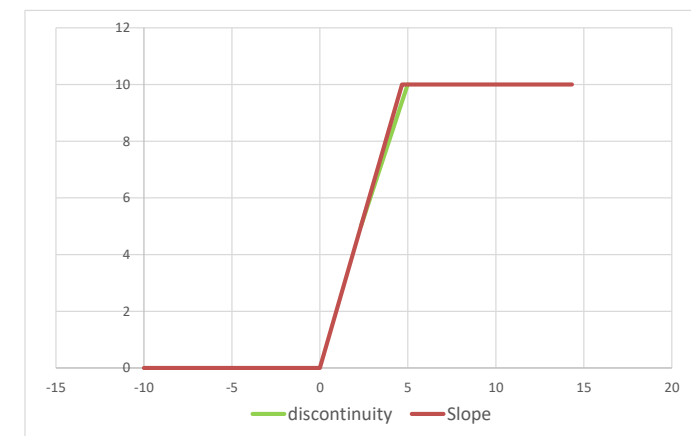
Auxiliar angles (degrees)	A	18°
	B	62°
	C	-3°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.70	0.61
F ₂	1.00	0.97
F ₃	-50.00	-53.86
F ₁ x F ₂ x F ₃	-35	-32

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	31	34
Class	IV	IV

	Discrete	Continuous
Description	Bad	Bad
Stability	Unstable	Unstable
Failures	Planar or big wedges	Planar or big wedges
Support	Important/corrective	Important/corrective



CLASIFICACIÓN SMR

3325_NO_5_16

➤ JS1

➤ JS2

➤ JS3

➤ JS4

➤ JS5



SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_16
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	58	
-----------	----	--

Slope	α_s	139°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	105°	
	β_j or β_i	33°	

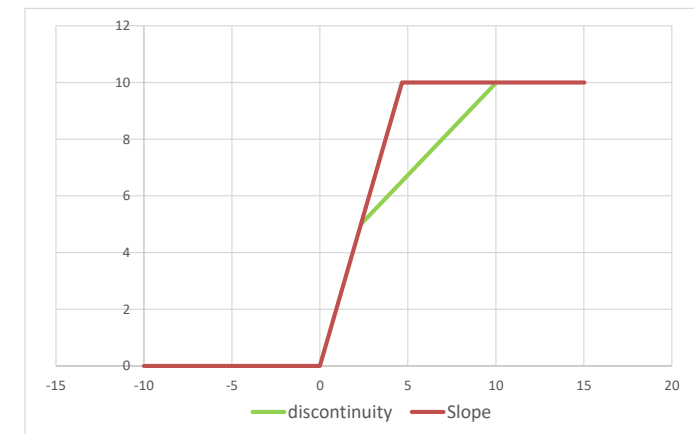
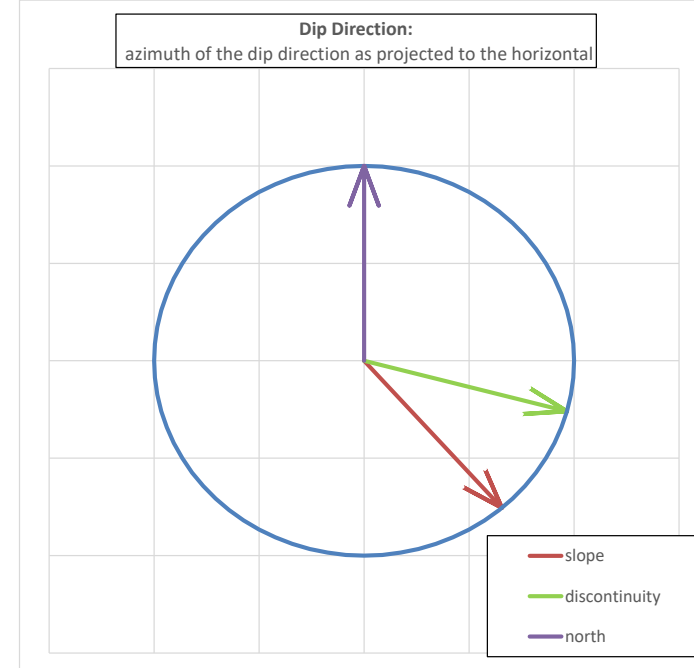
Auxiliar angles (degrees)	A	34°
	B	33°
	C	-32°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.28
F ₂	0.70	0.72
F ₃	-60.00	-59.40
F ₁ x F ₂ x F ₃	-6	-12

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	62	56
Class	II	III

	Discrete	Continuous
Description	Good	Normal
Stability	Stable	Partially stable
Failures	Some blocks	Some joints or many wedges
Support	Occasional	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_16
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	58	
-----------	----	--

Slope	α_s	139°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	298°	
	β_j or β_i	55°	

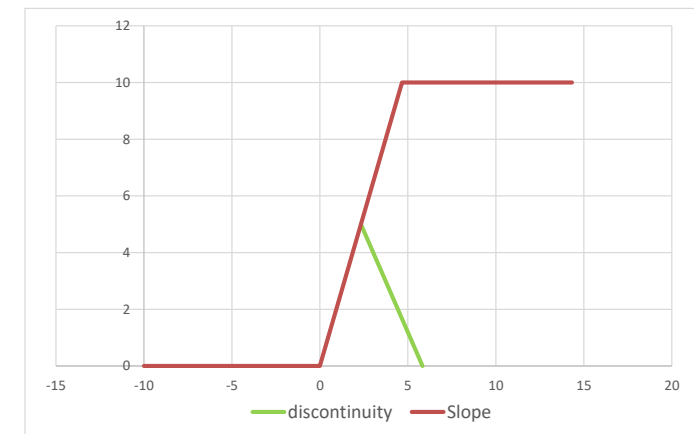
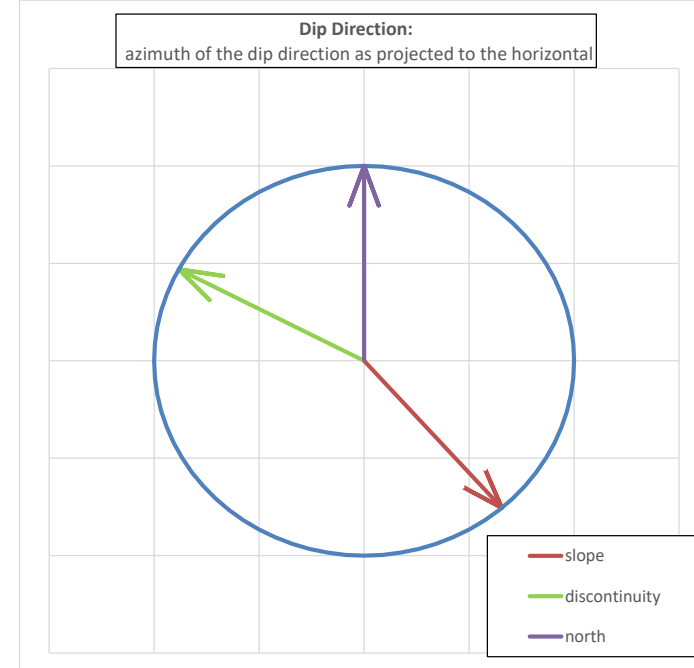
Auxiliar angles (degrees)	A	21°
	B	55°
	C	120°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.40	0.51
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-13.00
F ₁ x F ₂ x F ₃	-10	-7

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	58	61
Class	III	II

	Discrete	Continuous
Description	Normal	Good
Stability	Partially stable	Stable
Failures	Some joints or many wedges	Some blocks
Support	Systematic	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_16
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	58	
-----------	----	--

Slope	α_s	139°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	204°	
	β_j or β_i	82°	

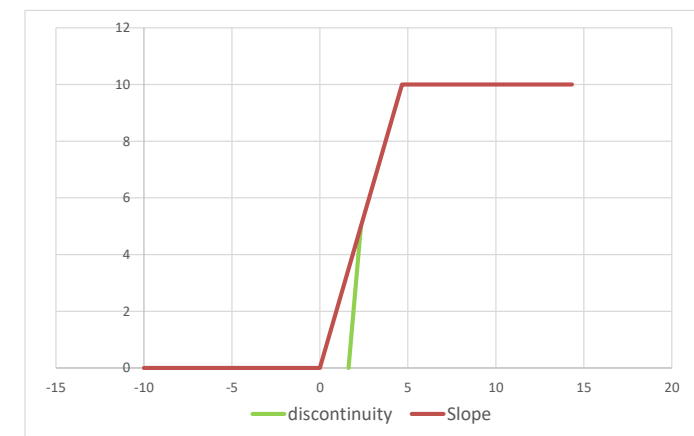
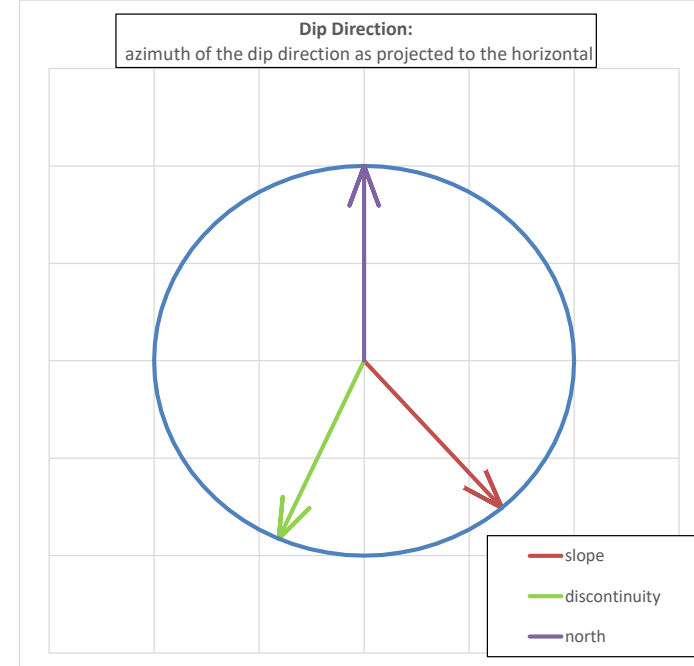
Auxiliar angles (degrees)	A	65°
	B	82°
	C	17°
Failure Type	Wedge/Planar	

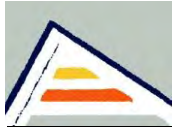
Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.17
F ₂	1.00	0.99
F ₃	0.00	-1.12
F ₁ x F ₂ x F ₃	0	0

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	68	68
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_16
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	58	
-----------	----	--

Slope	α_s	139°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	108°	
	β_j or β_i	28°	

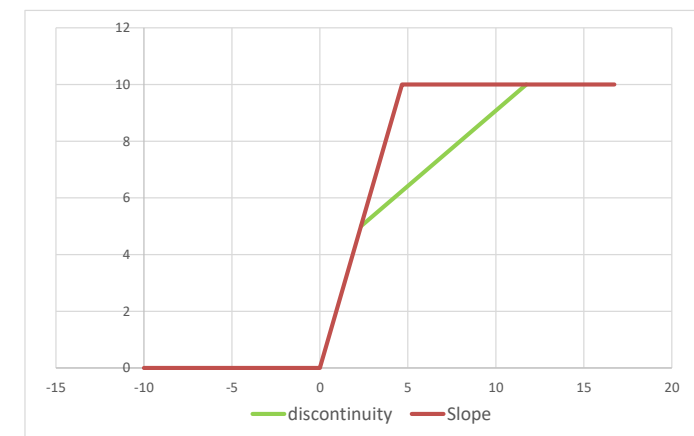
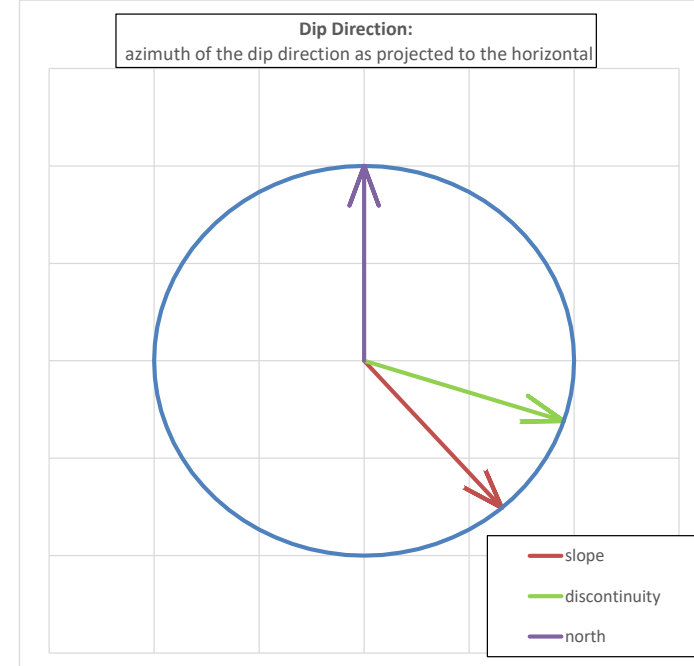
Auxiliar angles (degrees)	A	31°
	B	28°
	C	-37°
Failure Type	Wedge/Planar	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.31
F ₂	0.40	0.49
F ₃	-60.00	-59.48
F ₁ x F ₂ x F ₃	-4	-9

Excavation method	Presplitting	
F ₄	10	

	Discrete	Continuous
SMR	64	59
Class	II	III

	Discrete	Continuous
Description	Good	Normal
Stability	Stable	Partially stable
Failures	Some blocks	Some joints or many wedges
Support	Occasional	Systematic





SMRTool beta 1.09

a calculator for computing Slope Mass Rating (SMR)

Authors: A. Riquelme et al (2014)

Contact: adririquelme@gmail.com

Department of Civil Engineering of the University of Alicante, SPAIN



Cite this material as:

Riquelme, A. & Tomás, R. & Abellán A. (2014). SMRTool beta. A calculator for determining Slope Mass Rating (SMR). Universidad de Alicante. <http://personal.ua.es/es/ariquelme/smrtool.html> (download date). License:

Project name	3325_NO_5_16
Date	-
Author	Andrea Bedoya
Company	Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann

Basic RMR	58	
-----------	----	--

Slope	α_s	139°	
	β_s	65°	
Discontinuity	α_j or α_i	286°	
	β_j or β_i	69°	

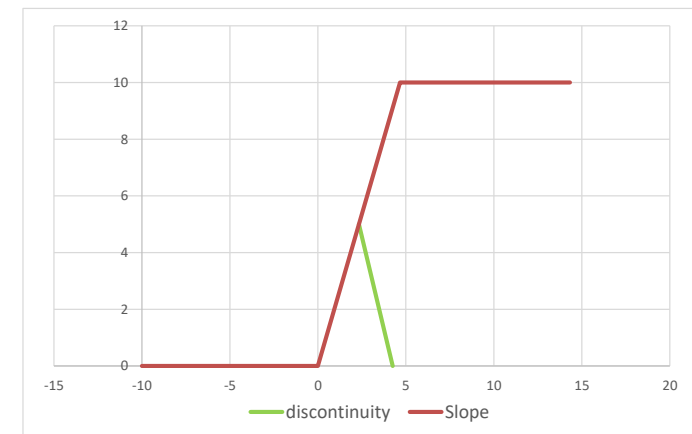
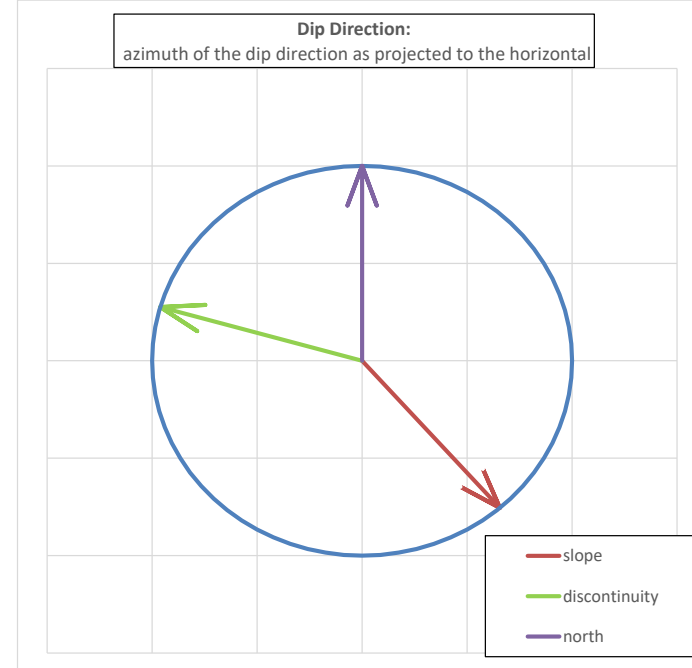
Auxiliar angles (degrees)	A	33°
	B	69°
	C	134°
Failure Type	Toppling	

Authors→ Coefficients ↓	Romana (1993) Discrete values	Tomás et al (2007) Continuous values
F ₁	0.15	0.29
F ₂	1.00	1.00
F ₃	-25.00	-25.27
F ₁ x F ₂ x F ₃	-4	-7

Excavation method	Presplitting
F ₄	10

	Discrete	Continuous
SMR	64	61
Class	II	II

	Discrete	Continuous
Description	Good	Good
Stability	Stable	Stable
Failures	Some blocks	Some blocks
Support	Occasional	Occasional



CLASIFICACIÓN Q-SLOPE

Nivel 3265

CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DA	FUENTE: PROPIA				
	E: 550588	E: 550601	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Qs	PROYECTO :				
	N: 64483	N: 64475	67	205	UCS (Mpa):	109.32	CELDA:	3265	N	4	20

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condición de las Discontinuidades (JC 1976)							
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor		
1	JS	62	260	5	0.2	>20	0.25	0.5	2	Arc	7	3	3	4	3	3	4	2	3	0.75
2	JS	28	345	20	0.2	7	0.3	0.25	1	Arc	7	5	2	4	3	3	4	2	3	0.5
3	F	28	345	1	30	>20	-	-	1	Pz	3	0.5	1	10	-	-	-	-	-	0
4	JS	85	160	14	0.4	10	0.3	0.1	1	Arc	7	3	2	1	3	3	4	2	3	2
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		80
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 3 B 2 C 2	
Indice de Alteracio Ja:	A 4 B 4 C 1	
FACTOR O:	A 1 B 1 C 1	0.8
Jwice (agua, hielo, ambiente)		0.8
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	5
Q slope		1.07
ANGULO DEL TALUD		65

Descripción del numero de familias de Juntas	Jn
A Masivo, sin juntas o muy pocas	0,5 - 1
B Una familia de juntas	2
C Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D Dos familias de juntas	4
E Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F Tres familias de juntas	9
G Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de rugosidad de Juntas	Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante	
A Juntas discontinuas	4
B Rugosas o irregulares, onduladas	3
C Suaves, onduladas	2
D Estructuras (cizalla) (slickensided) onduladas	1,5
E Rugosas o irregulares, planas	1,5
F Suaves, planas	1
G Estructuras, planas	0,5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante	
H Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
I Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)	
A En contacto y sin alterar. Rellenos no reblanecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0,75
B Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblanecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E Recubrimientos reblanecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de alteración de Juntas	Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)	
F Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
G Relleno arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblanecibles	6
H Rellenos arcillosos reblanecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8 - 12
c) No hay contacto entre las paredes de la juntas con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
M Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GHI para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	6,8 ó 8-12
N Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblanecible	5
OPR Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G, H y J para la descripción del tipo de arcilla)	10,13 ó 15-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1,5	Estructura estable, roca competente	1	0.7	0.5	0.9
Bastante favorable	1	1	Estructura estable, roca incompetente	0.7	0.6	0.3	0.5
Desfavorable	0,75	0,9	Estructura inestable, roca competente	0.8	0.5	0.1	0.3
Muy desfavorable	0,5	0,8	Estructura inestable, roca incompetente	0.5	0.3	0.05	0.2
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5					

Descripción	SRFa Condición Roca			
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación	2,5			
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura	5			
C Semajante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización	10			
D El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelifracción	15			
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20			

SRFb tensión y resistencia		
Descripción	oc/σ1	SRFb
F Rango de tensiones-resistencia moderado	50-200	2,5-1
G Rango elevado de tensiones-resistencia	10-50	5-2,5
H Fallos de roca intacta localizados	5-10	10-5
J Plastificación o desmoronamiento	2,5-5	15-10
K Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1-2,5	20-15

SRFb discontinuidad mayor (más relevante)				
SRFb	favorable	desfavorable	Muy desfavorable	Se produce fallo o no se referencia
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4	8
M Discontinuidad principal con un RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8	16
N Discontinuidad mayor con RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12	24

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$



REPRESENTACION GRAFICA DEL MACIZO ROCOSO

CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

		DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DA	FUENTE: PROPIA				
		E:	550500		E:	550515		ALTERACION:	Qs	PROYECTO :				
		N:	64511		N:	64508		UCS (Mpa):	142.95	CELDA:	3265	N	4	21

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)								
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor			
1	JS	55	192	4	0.2	>20	0.25	0.3	1	Arc	9	3	3	4	3	3	4	2	4	4	16
2	JS	55	276	4	0.2	7	0.3	0.25	1	Arc	7	5	2	4	3	3	4	2	4	4	16
3	JS	48	020	4	30	10	0.25	0.2	1	Arc	3	0.5	1	1	3	3	3	2	4	4	15
4	F	78	348	1	10	>20	-	-	1	Pz	1	3	1	8	-	-	-	-	-	-	0
5	F	62	160	1	10	>20	-	-	1	Pz	1	3	1	10	-	-	-	-	-	-	0
6																					
7																					
8																					
9																					

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		100
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 3 B 2 C 1	
Indice de Alteracio Ja:	A 4 B 4 C 1	
FACTOR O:	A 1 B 1 C 1	0.38
Jwice (agua, hielo, ambiente)		0.80
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	5
	SFRb	1
	SFRc	4
	SFR maximo	5
Q slope		0.67
ANGULO DEL TALUD		65

Descripción del numero de familias de juntas	Jn
A Masivo, sin juntas o muy pocas	0,5 - 1
B Una familia de juntas	2
C Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D Dos familias de juntas	4
E Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F Tres familias de juntas	9
G Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)	0,75
B En contacto y sin alterar. Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	1
C Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	2
D Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	3
E Recubrimientos limosos o areno-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	4
F Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	5

Descripción del factor de rugosidad de juntas	Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante	
A Juntas discontinuas	4
B Rugosas o irregulares, onduladas	3
C Suaves, onduladas	2
D Estridadas (cizalla) (slickensided) onduladas	1,5
E Rugosas o irregulares, planas	1,5
F Suaves, planas	1
G Estridadas, planas	0,5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante	
H Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
I Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)	
F Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
G Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
H Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8 - 12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
M Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GIU para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	6,8 8-12
N Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
OPR Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G, H) y para la descripción del tipo de arcilla	10,13 0-13- 20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)
Orientación muy favorable	2	1,5
Bastante favorable	1	1
Desfavorable	0,75	0,9
Muy desfavorable	0,5	0,8
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5

Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Estructura estable, roca competente	1	0.7	0.5	0.9
Estructura estable, roca incompente	0.7	0.6	0.3	0.5
Estructura inestable, roca competente	0.8	0.5	0.1	0.3
Estructura inestable, roca incompente	0.5	0.3	0.05	0.2

Descripción	SRFb Condición física		
	favorable	desfavorable	Muy desfavorable
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación	2,5		
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a meteorización. Alteración importante por voladura	5		
C Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización	10		
D El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o golfización	15		
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20		

SRFb tensión y resistencia		
Descripción	σc/σ1	SRFb
F Rango de tensiones-resistencia moderado	50 - 200	2.5 - 1
G Rango elevado de tensiones-resistencia	10 - 50	5 - 2.5
H Fallos de roca intacta localizados	5 - 10	10 - 5
J Plastificación o desmoronamiento	2.5 - 5	15 - 10
K Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1 - 2.5	20 - 15

SRFb discontinuidad mayor (más relevante)			
SRFb	favorable		Se produce fallo si no se refuerza
	disfavorable	Muy desfavorable	
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4
M Discontinuidad principal con un RQD _{max} = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8
N Discontinuidad mayor con RQD _{max} = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a} \right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$



CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DA	FUENTE: PROPIA				
	E:	550500	E:	550515	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Qs	PROYECTO :	3265			
	N:	64511	N:	64508	74	170	UCS (Mpa):	92.93	CELDA:	3265	N	4	22

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)								
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor			
1	JS	32	205	6	0.2	8	0.3	0.4	2	Arc	11	6	3	4	1	3	1	2	3	10	
2	JS	84	050	6	0.2	11	0.3	0.4	2	Arc	11	6	3	4	1	3	1	2	3	10	
3	JS	80	081	4	0.2	10	0.3	0.4	2	Arc	11	6	3	4	1	3	1	2	3	10	
4	F	82	042	1	10	>20	-	-	0	Pz	1	1	1	8	-	-	-	-	-	0	
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		95
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 3 B 3 C 3	
Indice de Alteracio Ja:	A 4 B 4 C 4	
FACTOR O:	A 0.75 B 1 C 1	0.32
Jwice (agua, hielo, ambiente)		0.80
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	5
Q slope		0.53
ANGULO DEL TALUD		65

Descripción del numero de familias de juntas		Jn
A	Masivo, sin juntas o muy pocas	0,5 - 1
B	Una familia de juntas	2
C	Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D	Dos familias de juntas	4
E	Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F	Tres familias de juntas	9
G	Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H	Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J	Roca triturada, aspecto de suelo	20
Descripción del factor de rugosidad de juntas		Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta (b) contacto después de desplazamiento cortante		
A	Juntas discontinuas	4
B	Rugosas o irregulares, onduladas	3
C	Suaves, onduladas	2
D	Estrías (cizalla) (slickensided) onduladas	1,5
E	Rugosas o irregulares, planas	1,5
F	Suaves, planas	1
G	Estrías, planas	0,5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante		
H	Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
I	Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0

Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)		
A	En contacto y sin alterar. Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0,75
B	Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C	Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D	Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E	Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4
Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)		
F	Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc.	4
G	Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
H	Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J	Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8 - 12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)		
M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH) para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	6,8 ó 8-12
N	Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
OPR	Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H y J) para la descripción del tipo de arcilla	10,13 ó 13-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1,5	Estructura estable, roca competente	1	0.7	0.5	0.9
Bastante favorable	1	1	Estructura estable, roca incompetente	0.7	0.6	0.3	0.5
Desfavorable	0,75	0,9	Estructura inestable, roca competente	0.8	0.5	0.1	0.3
Muy desfavorable	0,5	0,8	Estructura inestable, roca incompetente	0.5	0.3	0.05	0.2
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5					

SRFb tensión y resistencia		SRFb
Descripción		
F	Rango de tensiones-resistencia moderado	2,5 - 1
G	Rango elevado de tensiones-resistencia	5 - 2,5
H	Fallos de roca intacta localizados	10 - 5
J	Plastificación o desmoronamiento	15 - 10
K	Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	20 - 15

SRFb discontinuidad mayor (más relevante)				
SRFb:	favorable	desfavorable	Muy desfavorable	Se produce fallo si no se refuerza
L	1	2	4	8
M	2	4	8	16
N	4	8	12	24

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$



REPRESENTACION GRAFICA DEL MACIZO ROCOSO

CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DA	FUENTE: PROPIA			
	E: 550406	E: 550400	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Qs	PROYECTO :	3265		
	N: 64478	N: 64483	67	165	UCS (Mpa):	194.84	CELDA:	3265	N	4 23

ID	Condición de las Discontinuidades (JC 1976)										Condición de las Discontinuidades (JC 1976)									
	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor
1	JS	52	205	31	0.2	9	0.15	0.2	1	Cl, Arc	9	6	1.5	7	3	3	3	2	4	15
2	JS	80	281	21	0.2	4	0.15	0.2	1	Cl, Arc	9	6	1.5	7	4	3	3	2	4	16
3	JS	80	180	35	0.2	8	0.15	0.2	1	Cl, Arc	9	6	1.5	7	3	3	3	2	4	15
4	F	88	200	1	10	>20	-	-	0	Rx, Arc, Pz	1	1	0.5	10	-	-	-	-	-	0
5	F	48	190	1	10	>20	-	-	1	Rx, Arc, Pz	1	1	0.5	10	-	-	-	-	-	0
6																				
7																				
8																				
9																				

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO	VALOR	
RQD %	45	
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)	9	
Indice de Rugosidad Jr:	A 1.5 B 1.5 C 1.5	
Indice de Alteracio Ja:	A 7 B 7 C 7	
FACTOR O:	A 0.75 B 1.5 C 1.5	
Jwice (agua, hielo, ambiente)	1.00	
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	2.5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	2.5
Q slope	0.03	
ANGULO DEL TALUD	65	

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$

Descripción del numero de familias de juntas	Jn
A Masivo, sin juntas o muy pocas	0,5 - 1
B Una familia de juntas	2
C Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D Dos familias de juntas	4
E Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F Tres familias de juntas	9
G Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de rugosidad de juntas	Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante	
A Juntas discontinuas	4
B Rugosas o irregulares, onduladas	3
C Suaves, onduladas	2
D Estructuras (cizalla) (slickensided) onduladas	1,5
E Rugosas o irregulares, planas	1,5
F Suaves, planas	1
G Estructuras, planas	0,5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante	
H Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
I Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)	
A En contacto y sin altera: Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0,75
B Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D Recubrimientos limosos o arenoso-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)	
F Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
G Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
H Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8-12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
M Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	6,8 8-12
N Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
OPR Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H y J para la descripción del tipo de arcilla)	10,13 0-13- 20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1,5	1	1	0.7	0.5	0.9
Bastante favorable	1	1	1	0.7	0.6	0.3	0.5
Desfavorable	0,75	0,9	1	0.8	0.5	0.1	0.3
Muy desfavorable	0,5	0,8	1	0.5	0.3	0.05	0.2
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5	1	0.5	0.3	0.05	0.2

SRFf Condición física			
Descripción	SRFf	SRFf	SRFf
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación	2,5		
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura	5		
C Semijunte a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización	10		
D El talud está en un avanzado estado de erosión y desplazamientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelificación	15		
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20		

SRFf discontinuidad mayor (más relevante)			
SRFf	favorable	desfavorable	Muy desfavorable
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4 8
M Discontinuidad principal con un RCP _{no} = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8 16
N Discontinuidad mayor con RCP _{no} = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12 24



REPRESENTACION GRAFICA DEL MACIZO ROCOSO

CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DA		FUENTE: PROPIA			
E: 550340		E: 550354		DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Qs	PROYECTO :				
N: 64455		N: 64460		67	170	UCS (Mpa):	131.99	CELDA:	3265	N	4	24

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condición de las Discontinuidades (JC 1976)						
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor	
1	JS	32	185	12	0.2	10	0.8	1	Arc	9	6	1.5	4	3	3	3	2	4	15
2	JS	80	145	9	0.2	10	0.95	1.2	Arc	9	6	1.5	4	3	3	3	2	4	15
3	JS	77	200	7	0.2	8	1	1.3	Arc	9	6	1.5	4	3	3	3	2	4	15
4	F	86	130	1	0.7	>20	-	-	Arc, Pz	2	1	0.5	10	-	-	-	-	-	0
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		90
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 1.5 B 1.5 C 1.5	
Indice de Alteracio Ja:	A 4 B 4 C 4	
FACTOR O:	A 0.75 B 1.5 C 1.5	0.09
Jwice (agua, hielo, ambiente)		0.80
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	2.5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	2.5
Q slope		0.28
ANGULO DEL TALUD		65

Descripción del número de familias de juntas		Jn
A	Masivo, sin juntas o muy pocas	0,5 - 1
B	Una familia de juntas	2
C	Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D	Dos familias de juntas	4
E	Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F	Tres familias de juntas	9
G	Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H	Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J	Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de rugosidad de Juntas		Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante		
A	Juntas discontinuas	4
B	Rugosas o irregulares, onduladas	3
C	Suaves, onduladas	2
D	Estrías (cizalla) (slickensided) onduladas	1,5
E	Rugosas o irregulares, planas	1,5
F	Suaves, planas	1
G	Estrías, planas	0,5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante		
H	Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
I	Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0

Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)		
A	En contacto y sin alterar. Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0,75
B	Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C	Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D	Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E	Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)		
F	Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
G	Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
H	Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J	Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8-12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)		
M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GHJ para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	6,8 ó 8-12
N	Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
ORR	Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H,I) para la descripción del tipo de arcilla	10,13 ó 13-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cúmulos" de hielo
Orientación muy favorable	2	1,5	Estructura estable, roca competente	1	0.7	0.5	0.9
Bastante favorable	1	1	Estructura estable, roca incompetente	0.7	0.6	0.3	0.5
Desfavorable	0,75	0,9	Estructura inestable, roca competente	0,8	0,5	0,1	0,3
Muy desfavorable	0,5	0,8	Estructura inestable, roca incompetente	0,5	0,3	0,05	0,2
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5					

SRFb tensión y resistencia				
Descripción	oc/o1	SRFb		
F	Rango de tensiones-resistencia moderado	50-200	2.5-1	
G	Rango elevado de tensiones-resistencia	10-50	5-2.5	
H	Fallos de roca intacta localizados	5-10	10-5	
J	Plastificación o desmoronamiento	2.5-5	15-10	
K	Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1-2.5	20-15	

SRFf discontinuidad mayor (más relevante)				
SRFf	Reversible	desfavorable	favorable	Si produce fallo se no se refuerza
L	Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4 8
M	Discontinuidad principal con un RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8 16
N	Discontinuidad mayor con RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12 24

SRFa Condición física	
Descripción	SRFa
A	Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación
B	Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura
C	Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización
D	El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o plastificación
E	Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$



REPRESENTACION GRAFICA DEL MACIZO ROCOSO

CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	FUENTE: PROPIA					
	E: 550236	E: 550249	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Qq	PROYECTO :				
	N: 64419	N: 64427	68	170	UCS (Mpa):	146.52	CELDA:	3265	N	4	25

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condición de las Discontinuidades (JC 1976)						
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor	
1	JS	68	128	38	0.2	10	0.05	1	Arc	9	2	2	4	3	3	3	2	4	15
2	JS	74	200	30	0.2	11	0.1	1.2	Arc	9	2	2	4	3	3	3	2	4	15
3	JS	44	215	20	0.2	6	0.15	1.3	Arc	9	2	2	4	3	3	3	2	4	15
4	JS	54	210	5	0.7	8	-	-	Arc	9	2	2	6	3	3	3	2	4	15
5	F	86	130	1	20	>20	-	-	Arc, Pz	2	1	0.5	10	-	-	-	-	-	0
6	F	86	130	1	10	>20	-	-	Arc, Pz	2	1	0.5	10	-	-	-	-	-	0
7																			
8																			
9																			

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		55
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 2 B 2 C 2	
Indice de Alteracio Ja:	A 4 B 4 C 4	
FACTOR O:	A 0.75 B 1.5 C 1.5	0.21
Jwice (agua, hielo, ambiente)		1.00
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	2.5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	2.5
Q slope		0.52
ANGULO DEL TALUD		65

Descripción del número de familias de juntas	Jn
A Masivo, sin juntas o muy pocas	0,5 - 1
B Una familia de juntas	2
C Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D Dos familias de juntas	4
E Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F Tres familias de juntas	9
G Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de rugosidad de juntas	Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante	
A Juntas discontinuas	4
B Rugosas o irregulares, onduladas	3
C Suaves, onduladas	2
D Estructuras (cizalla) (slickensided) onduladas	1,5
E Rugosas o irregulares, planas	1,5
F Suaves, planas	1
G Estructuras, planas	0,5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante	
H Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
I Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)	
A En contacto y sin alterar. Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0,75
B Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)	
F Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
G Relleno arcilloso fuertemente sobreconsolidado no reblandecible	6
H Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8 - 12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
M Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GHJ para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	6,8 ó 8-12
N Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
ORR Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H,I) para la descripción del tipo de arcilla	10,13 ó 13-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	ambiente desértico	ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cúas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1,5	Estructura estable, roca competente	1	0.7	0.5	0.9
Bastante favorable	1	1	Estructura estable, roca incompetente	0.7	0.6	0.3	0.5
Desfavorable	0,75	0,9	Estructura inestable, roca competente	0,8	0,5	0,1	0,3
Muy desfavorable	0,5	0,8	Estructura inestable, roca incompetente	0,5	0,3	0,05	0,2
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5					

SRFb tensión y resistencia			
Descripción	oc/o1	SRFb	
F Rango de tensiones-resistencia moderado	50 - 200	2.5 - 1	
G Rango elevado de tensiones-resistencia	10 - 50	5 - 2.5	
H Fallos de roca intacta localizados	5 - 10	10 - 5	
J Plastificación o desmoronamiento	2.5 - 5	15 - 10	
K Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1 - 2.5	20 - 15	

SRFf discontinuidad mayor (más relevante)			
SRFf	Reversible	desfavorable	no favorable
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4 8
M Discontinuidad principal con un RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8 16
N Discontinuidad mayor con RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12 24

SRFa Condición física	
Descripción	SRFa
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación	2,5
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura	5
C Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización	10
D El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o defricción	15
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20

$$Qslope = \frac{RQD}{Jn} \times \left(\frac{Jr}{Ja}\right)_0 \times \frac{Jwice}{SRFslope}$$

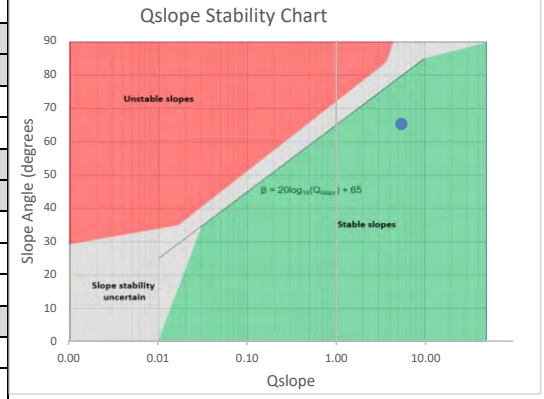


CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DI		FUENTE: PROPIA			
	E: 549676.02	E: 549663.12	DIP	DIP DIR	ALTERACION:			PROYECTO :			
	N: 64391.26	N: 64383.6	68	151	UCS / σ_t :	183.56	17.30	CELDA:	3265	NO	5 1

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)								
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor			
1	JS	35	148	3	1	>15	0.35	0.4	0	Ai	7	4	1.5	1	1	3	3	4	4	15	
2	JS	35	091	3	1	15	0.35	0.6	1	Mi	7	4	1.5	2	2	3	3	4	3	15	
3	JS	63	160	2	1	>20	0.45	0.6	0	Ai	7	4.5	1.5	1	0	3	3	4	5	15	
4	JS	70	325	3	2	>20	0.40	0.5	0	Li	7	4	1.5	1	0	2	3	4	4	13	
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					

PARAMETRO		VALOR
RQD %		85
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 1.5 B 1.5 C 1.5	
Indice de Alteracio Ja:	A 1 B 2 C 1	
FACTOR O:	A 0.75 B 1.5 C 1.5	2.85
Jwice (agua, hielo, ambiente)		1.00
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	5
Q slope		5.38
ANGULO DEL TALUD		65



$$Qslope = \frac{RQD}{Jn} \times \left(\frac{Jr}{Ja}\right)_0 \times \frac{Jwice}{SRFslope}$$

Descripción del numero de familias de juntas	Jn
A Masivo, sin juntas o muy pocas	0,5 - 1
B Una familia de juntas	2
C Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D Dos familias de juntas	4
E Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F Tres familias de juntas	9
G Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)	
A En contacto y sin alterar: Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidoto	0,75
B Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de rugosidad de juntas	Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante	
A Juntas discontinuas	4
B Rugosas o irregulares, onduladas	3
C Suaves, onduladas	2
D Estrías (cizalla) (slickensided) onduladas	1,5
E Rugosas o irregulares, planas	1,5
F Suaves, planas	1
G Estrías, planas	0,5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante	
H Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
I Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)	
F Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
G Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
H Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8-12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
M Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH) para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva	6,8 ó 8-12
N Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
OPR Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G, H y J) para la descripción del tipo de arcilla	10,13 ó 13-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cufas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1,5	Estructura estable, roca competente	1	0,7	0,5	0,9
Bastante favorable	1	1	Estructura estable, roca incompetente	0,7	0,6	0,3	0,5
Desfavorable	0,75	0,9	Estructura inestable, roca competente	0,8	0,5	0,1	0,3
Muy desfavorable	0,5	0,8	Estructura inestable, roca incompetente	0,5	0,3	0,05	0,2
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5					

Descripción	SRFa
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación	2,5
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura	5
C Similar a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización	10
D El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelifracción	15
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20

Descripción	oc/01	SRFb
F Rango de tensiones-resistencia moderado	50 - 200	2,5 - 1
G Rango elevado de tensiones-resistencia	10 - 50	5 - 2,5
H Fallos de roca intacta localizados	5 - 10	10 - 5
J Plastificación o desmoronamiento	2,5 - 5	15 - 10
K Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1 - 2,5	20 - 15

SRFb	SRFc	Favorable	Interferable	Muy desfavorable	Se produce fallo si no se refuerza
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla		1	2	4	8
M Discontinuidad principal con un RQD _{max} = 0 debido a arcilla o roca triturada		2	4	8	16
N Discontinuidad mayor con RQD _{max} = 0 debido a arcilla o roca triturada		4	8	12	24

REPRESENTACION GRAFICA DEL MACIZO ROCOSO



CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DI		FUENTE: PROPIA				
	E: 549585.75	E: 549573.71	DIP	DIP DIR	ALTERACION:			PROYECTO :				
	N: 64324.79	N: 64315.84	68	142	UCS / σ_t :	176.24	16.61	CELDA:	3265	NO	5	2

ID	Tipo de Estructura									Condición de las Discontinuidades (JC 1976)				Tipo de Relleno			Valor		
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor	
1	77	019	2	1	15	0.5	0.8	0	Ai	7	4.5	1.5	1	2	3	3	4	4	16
2	35	165	1	1	>20	1	2	0	Ai	3	4.5	1	1	0	3	1	4	4	12
3	30	070	1	1	12	0.5	0.8	0	Ar	7	4	2	2	3	3	3	4	3	16
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		95
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		6
Indice de Rugosidad Jr:	A 1.5 B 1 C 2	
Indice de Alteracio Ja:	A 1 B 1 C 2	
FACTOR O:	A 1 B 1.5 C 1.5	3.38
Jwice (agua, hielo, ambiente)		1.00
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	5
Q slope		10.69
ANGULO DEL TALUD		65

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$

Descripción del numero de familias de juntas	Jn
A Masivo, sin juntas o muy pocas	0,5 - 1
B Una familia de juntas	2
C Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D Dos familias de juntas	4
E Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F Tres familias de juntas	9
G Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
I Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)	
A En contacto y sin alterar: Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidoto	0,75
B Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de rugosidad de juntas	Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante	
A Juntas discontinuas	4
B Rugosas o irregulares, onduladas	3
C Suaves, onduladas	2
D Estructuras (cizalla) (slickensides) onduladas	1,5
E Rugosas o irregulares, planas	1,5
F Suaves, planas	1
G Estructuras, planas	0,5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante	
H Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
I Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)	
F Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
G Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
H Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8-12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
M Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH) para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva	6,8-8-12
N Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
OPR Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H y J) para la descripción del tipo de arcilla	10,13-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1,5	Estructura estable, roca competente	1	0,7	0,5	0,9
Bastante favorable	1	1	Estructura estable, roca incompetente	0,7	0,6	0,3	0,5
Desfavorable	0,75	0,9	Estructura inestable, roca competente	0,8	0,5	0,1	0,3
Muy desfavorable	0,5	0,8	Estructura inestable, roca incompetente	0,5	0,3	0,05	0,2
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5					

SRFb condición física			
Descripción	SRFb		
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación	2,5		
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura	5		
C Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización	10		
D El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o infiltración	15		
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20		

SRFb tensión y resistencia		
Descripción	oc/o1	SRFb
F Rango de tensiones-resistencia moderado	50-200	2,5-1
G Rango elevado de tensiones-resistencia	10-50	5-2,5
H Fallos de roca intacta localizados	5-10	10-5
J Plastificación o desmoronamiento	2,5-5	15-10
K Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1-2,5	20-15

SRFb discontinuidad mayor (más relevante)			
SRFb	favorable	desfavorable	Se produce fallo si no se refuerza
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4-8
M Discontinuidad principal con un RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8-16
N Discontinuidad mayor con RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12-24

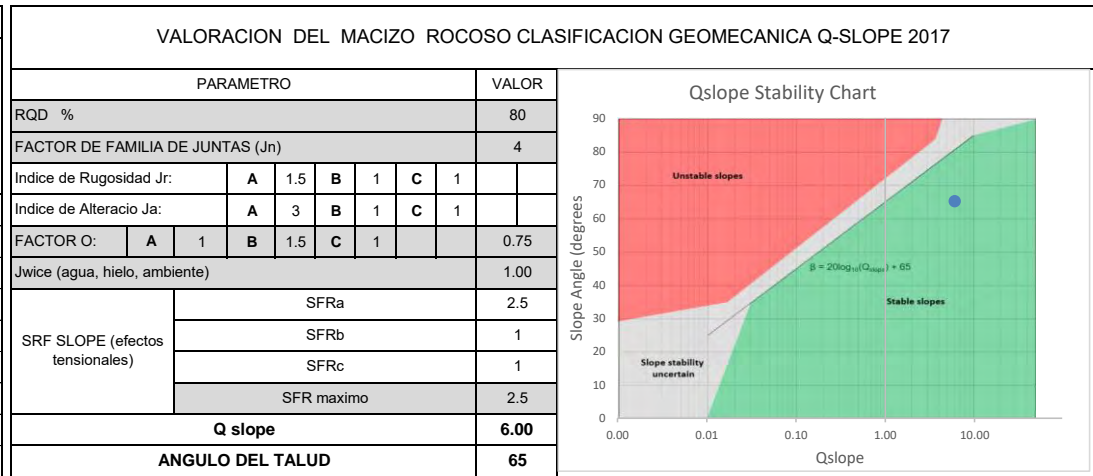
REPRESENTACION GRAFICA DEL MACIZO ROCOSO



CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di		FUENTE: PROPIA				
	E: 549433.7	E: 549422.78	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Prop		PROYECTO :				
	N: 64195.39	N: 64185.11	70	138	UCS / σt:	168.08	15.84	CELDA:	3265	NO	5	3

ID	Condición de las Discontinuidades (JC 1976)										VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017												
	Tipo de Estructura		N de Estructuras		Continuidad (m)		Espaciamiento (m)		N de Extremos Visibles		Tipo de Relleno		Continuidad		Abertura		Rugosidad		Relleno		Meteorización		Valor
	Dip	Dip Dir		Abertura / Espesor (mm)							JRC	JCS	JR	JA									
1	J	58	083	1	3	>15	-	-	0	Ar	7	3	2	3	1	1	3	2	1	1	8		
2	JS	79	020	2	2	>20	0.4	0.6	0	Ar	7	3	1.5	3	0	2	3	2	1	1	8		
3	JS	57	170	3	1	15	0.3	0.35	0	Ai	5	4	1	1	2	3	1	4	4	14			
4																							
5																							
6																							
7																							
8																							
9																							



Descripción del número de familias de juntas		Jn
A Masivo, sin juntas o muy pocas		0.5 - 1
B Una familia de juntas		2
C Una familia de juntas y otras aleatorias		3
D Dos familias de juntas		4
E Tres familias de juntas y otras aleatorias		6
F Tres familias de juntas		9
G Tres familias de juntas y otras aleatorias		12
H Cuatro o más familias de juntas, aleatorias, fuertemente diadasado		15
J Roca triturada, aspecto de suelo		20

Descripción del factor de rugosidad de juntas		Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante		
A Juntas discontinuas		4
B Rugosas o Irregulares, onduladas		3
C Suaves, onduladas		2
D Estrías (cizalla) (slickensided) onduladas		1.5
E Rugosas o Irregulares, planas		1.5
F Suaves, planas		1
G Estrías, planas		0.5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante		
H Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes		1,0
I Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes		1,0

Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)		
A En contacto y sin alterar. Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota		0,75
B Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas		1
C Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.		2
D Recubrimientos limosos o areno-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.		3
E Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas		4

Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)		
F Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc		4
G Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles		6
H Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación		8
J Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.		8-12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)		
M Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)		6,8 ó 8-12
N Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible		5
OPR Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G, H y J para la descripción del tipo de arcilla)		10,13 ó 13-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1,5	Estructura estable, roca competente	1	0.7	0.5	0.9
Bastante favorable	1	1	Estructura estable, roca incompetente	0.7	0.6	0.3	0.5
Desfavorable	0,75	0,9	Estructura inestable, roca competente	0.8	0.5	0.1	0.3
Muy desfavorable	0,5	0,8	Estructura inestable, roca incompetente	0.5	0.3	0.05	0.2
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5					

SRFb tensión y resistencia		
Descripción	oc/01	SRFb
F Rango de tensiones-resistencia moderado	50 - 200	2.5 - 1
G Rango elevado de tensiones-resistencia	10 - 50	5 - 2.5
H Fallos de roca intacta localizados	5 - 10	10 - 5
J Plastificación o desmoronamiento	2.5 - 5	15 - 10
K Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1 - 2.5	20 - 15

SRFf condición física				
Descripción	SRFf			
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por soldadura o excavación	2.5			
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por soldadura	5			
C Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización	10			
D El talud está en un avanzado estado de erosión y desplazamientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelifracción	15			
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20			

SRFf condición física				
Descripción	SRFf			
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4	8
M Discontinuidad principal con un RQD ₂₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8	16
N Discontinuidad mayor con RQD ₂₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12	24

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$



CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di		FUENTE: PROPIA				
	E: 549338.49	E: 549326.33	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Prop		PROYECTO :				
	N: 64113.33	N: 64104.55	63	142	UCS / σt:	178.41	16.82	CELDA:	3265	NO	5	4

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor			
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA									
1	JS	72	205	3	3	15	0.3	0.5	0	Ai	5	4	1	1	2	1	1	4	4	12	
2	JS	43	145	2	1	>15	0.5	0.6	0	Ai	7	4	1	1	0	3	3	4	4	14	
3	JS	30	006	3	1	>20	0.3	0.35	0	Ar	7	3.5	1.5	2	0	3	3	2	3	11	
4	F	66	000	1	350	>20	-	-	0	Bf	3	1	0.5	20	-	-	-	-	-	0	
5	JS	79	092	4	1	15	0.25	0.3	0	Pa	3	2.5	1	3	2	3	1	2	1	9	
6																					
7																					
8																					
9																					

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		70
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 1 B 1.5 C 1	
Indice de Alteración Ja:	A 1 B 2 C 3	
FACTOR O:	A 0.75 B 1.5 C 1.5	0.42
Jwice (agua, hielo, ambiente)		1.00
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	5
Q slope		0.66
ANGULO DEL TALUD		65

Descripción del numero de familias de juntas	Jn
A Masivo, sin juntas o muy pocas	0,5 - 1
B Una familia de juntas	2
C Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D Dos familias de juntas	4
E Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F Tres familias de juntas	9
G Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasadas	15
J Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)	
A En contacto y sin alterar. Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0,75
B Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de rugosidad de juntas	Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante	
A Juntas discontinuas	4
B Rugosas o irregulares, onduladas	3
C Suaves, onduladas	2
D Estructuras (cizalla) (slickensides) onduladas	1,5
E Rugosas o irregulares, planas	1,5
F Suaves, planas	1
G Estructuras, planas	0,5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante	
H Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
I Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0

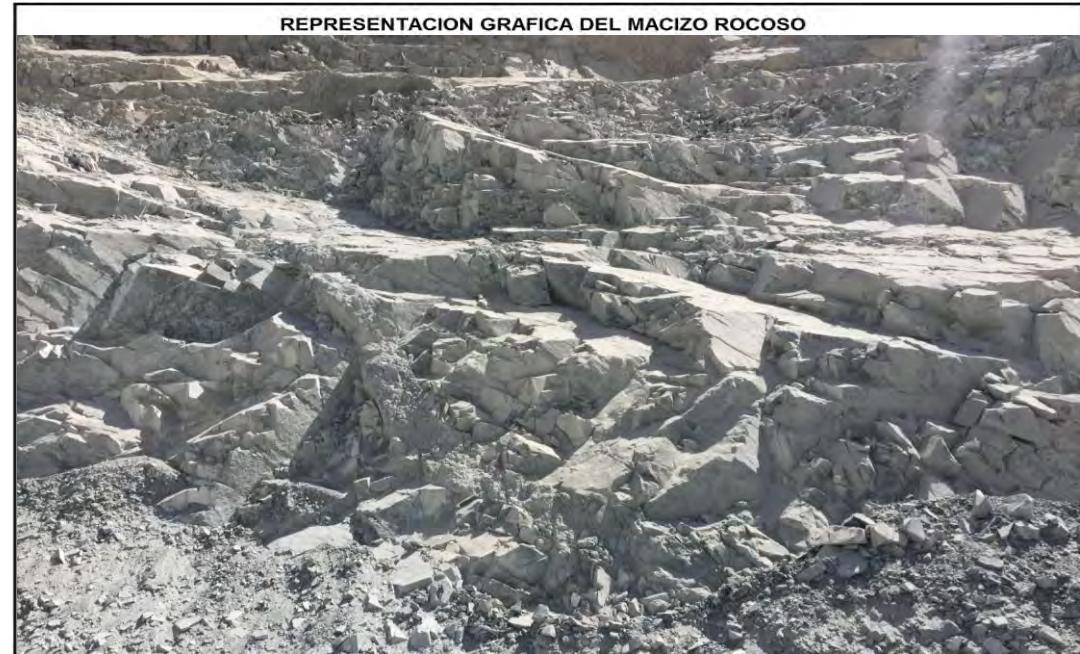
Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)	
F Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc.	4
G Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
H Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J Relleno de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8-12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
M Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	6,8 ó 9-12
N Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
OPR Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H y J para la descripción del tipo de arcilla)	10,13 ó 13-20

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1,5	1	1	0,7	0,5	0,9
Bastante favorable	1	1	1	0,7	0,6	0,3	0,5
Desfavorable	0,75	0,9	1	0,8	0,5	0,1	0,3
Muy desfavorable	0,5	0,8	1	0,5	0,3	0,05	0,2
Causaría fallo si no se sostiene (fuerza)	0,25	0,5	1				

SRFc discontinuidad mayor (más relevante)				
SRFc	favorable	desfavorable	Muy desfavorable	Se produce fallo si no se rellena
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4	8
M Discontinuidad principal con un RQD _{max} = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8	16
N Discontinuidad mayor con RQD _{max} = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12	24

SRFa Condición física	
Descripción	SRFa
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación	2,5
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura	5
C Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización	10
D El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelifracción	15
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20



CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di		FUENTE: PROPIA				
	E: 549251.73	E: 549245.03	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Prop		PROYECTO :				
	N: 64025.39	N: 64011.97	65	115	UCS / σt:	191.96	18.09	CELDA:	3265	NO	5	5

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor		
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA								
1	JS	40	132	2	1	20	0.5	0.8	0	Ai	7	4	1.5	1	1	4	4	4	4	17
2	JS	43	090	3	1	20	0.3	0.45	0	Ai	5	4	2	1	1	4	3	4	4	16
3	JS	74	305	1	2	20	1.5	2.5	0	Ca	7	3	1.5	3	1	3	4	2	3	13
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		90
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 1.5 B 2 C 1.5	
Indice de Alteracio Ja:	A 1 B 1 C 3	
FACTOR O:	A 0.75 B 1 C 1	1.13
Jwice (agua, hielo, ambiente)		0.80
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	5
Q slope		1.80
ANGULO DEL TALUD		65

Descripción del número de familias de juntas		Jn
A	Masivo, sin juntas o muy pocas	0.5 - 1
B	Una familia de juntas	2
C	Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D	Dos familias de juntas	4
E	Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F	Tres familias de juntas	9
G	Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H	Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J	Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de rugosidad de juntas		Jr
a)	Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante	
A	Juntas discontinuas	4
B	Rugosas o Irregulares, onduladas	3
C	Suaves, onduladas	2
D	Estrías (cizalla) (slickensided) onduladas	1.5
E	Rugosas o Irregulares, planas	1.5
F	Suaves, planas	1
G	Estrías, planas	0.5
c)	No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante	
H	Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
I	Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0

Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
a)	Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)	
A	En contacto y sin alterar: Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0,75
B	Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C	Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D	Recubrimientos limosos o areno-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E	Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
b)	Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)	
F	Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc.	4
G	Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
H	Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J	Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8 - 12
c)	No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GHI para la descripción del tipo de arcilla y la puntuación respectiva)	6,8 ó 8-12
N	Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
OPR	Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G, H y J para la descripción del tipo de arcilla)	10,13 ó 15-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)		Familia de juntas B (secundaria)	
	2	1,5	1,5	1
Orientación muy favorable	2	1,5	1,5	1
Bastante favorable	1	1	1	1
Desfavorable	0,75	0,9	0,9	0,8
Muy desfavorable	0,5	0,8	0,8	0,5
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5	0,5	0,2

SRFb tensión y resistencia		
Descripción	oc/σ1	SRFb
F	Rango de tensiones-resistencia moderado	2.5 - 1
G	Rango elevado de tensiones-resistencia	5 - 2.5
H	Fallos de roca intacta localizados	5 - 10
J	Plastificación o desmoronamiento	2.5 - 5
K	Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1 - 2.5

Jwice	Ambiente			
	desértico	húmedo	tropicales	"Cuñas" de hielo
Estructura estable, roca competente	1	0.7	0.5	0.9
Estructura estable, roca incompetente	0.7	0.6	0.3	0.5
Estructura inestable, roca competente	0.8	0.5	0.1	0.3
Estructura inestable, roca incompetente	0.5	0.3	0.05	0.2

SRFb discontinuidad mayor (más relevante)				
SRFb	favorable	desfavorable	Muy desfavorable	Si produce fallo si no se refuerza
L	Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4
M	Discontinuidad principal con un RQD _{max} = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8
N	Discontinuidad mayor con RQD _{max} = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12

SRFa Condición física	
Descripción	SRFa
A	Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación
B	Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura
C	Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización
D	El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelifracción
E	Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$



CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE E: 549181.77 N: 63900.9	HASTA E: 549174.51 N: 63887.77	ORIENTACION DEL TALUD DIP 66	DIP DIR 113	ROCA : ALTERACION: UCS / σt:	Di Fresh 218.13	FUENTE: PROPIA PROYECTO : CELDA:	3265	NO	5	6
--	---	--	---	-----------------------	------------------------------------	-----------------------	--	------	----	---	---

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor	
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA							
1	JS	42	078	3	>20	0.35	0.45	0	Ca	5	4.5	1	1	0	3	1	4	4	12
2	JS	65	292	2	>20	0.6	1	0	Ar	7	3	1.5	3	0	2	3	2	3	10
3	JS	45	096	3	12	0.35	0.4	2	Ca	7	4.5	1.5	1	2	3	3	4	4	16
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		85
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 1 B 1.5 C 1.5	
Indice de Alteración Ja:	A 1 B 3 C 1	
FACTOR O:	A 0.75 B 1 C 1	0.56
Jwice (agua, hielo, ambiente)		0.80
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	5
Q slope		0.85
ANGULO DEL TALUD		65

Descripción del número de familias de juntas	Jn
A Masivo, sin juntas o muy pocas	0,5 - 1
B Una familia de juntas	2
C Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D Dos familias de juntas	4
E Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F Tres familias de juntas	9
G Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de rugosidad de juntas	Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante	
A Juntas discontinuas	4
B Rugosas o irregulares, onduladas	3
C Suaves, onduladas	2
D Estructuras (cizalla) (slickensided) onduladas	1,5
E Rugosas o irregulares, planas	1,5
F Suaves, planas	1
G Estructuras, planas	0,5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante	
H Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
I Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)	
A En contacto y sin alterar. Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidoto	0,75
B Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)	
F Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
G Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
H Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8 - 12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
M Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	6,8 ó 8-12
N Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
OPR Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H y J) para la descripción del tipo de arcilla	10,13 ó 15-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuañas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1,5	1	1	0.7	0.5	0.9
Bastante favorable	1	1					
Desfavorable	0,75	0,9					
Muy desfavorable	0,5	0,8					
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5					

SRFb tensión y resistencia	σc/σ1	SRFb
F Rango de tensiones-resistencia moderado	50 - 200	2.5 - 1
G Rango elevado de tensiones-resistencia	10 - 50	5 - 2.5
H Fallos de roca intacta localizados	5 - 10	10 - 5
J Plastificación o desmoronamiento	2.5 - 5	15 - 10
K Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1 - 2.5	20 - 15

SRFb Condición física				
Descripción	SRFb			
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación	2.5			
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura	5			
C Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización	10			
D El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelifracción	15			
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20			

SRFb discontinuidad mayor (más relevante)				
SRFb	Reversible	Irreversible	Muy desfavorable	Se produce fallo si se refuerza
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4	8
M Discontinuidad principal con un RQD ₉₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8	16
N Discontinuidad mayor con RQD ₉₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12	24

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$



CLASIFICACIÓN Q-SLOPE

Nivel 3325

CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Bx	FUENTE: PROPIA				
	E: 550235.97	E: 550222.37	DIP	DIP DIR	ALTERACION:		PROYECTO :				
	N: 64507.87	N: 64501.51	67	155	UCS 3 (Mpa):	120.84	CELDA:	3325	N	5	1

ID	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)							
										JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Metorización	Valor		
1	JS	34	195	15	2	5	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	2	4	3	4	4	4	4	19
2	JS	82	104	30	2	3	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	2	4	3	4	4	4	4	19
3	JS	43	105	8	3	4	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	3	4	3	4	4	4	4	19
4	JS	53	195	10	3	5	0.25	0.3	1	Cal	9	2.5	1.5	3	4	3	4	4	4	4	19
5	JS	74	048	15	2	5	0.25	0.3	1	Cal	9	2.5	1.5	3	4	3	4	4	4	4	19
6	F	60	065	1	500	>20	-	-	0	Pz	1	0.5	0.5	10	-	-	-	-	-	-	0
7																					
8																					
9																					

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		55
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		6
Indice de Rugosidad Jr:	A 1.5 B 1.5 C 1.5	
Indice de Alteracio Ja:	A 2 B 2 C 3	
FACTOR O:	A 0.75 B 1.5 C 1.5	0.47
Jwice (agua, hielo, ambiente)		0.80
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	2.5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	2.5
Q slope		1.39
ANGULO DEL TALUD		65

Descripción del numero de familias de juntas	Jn
A Masivo, sin juntas o muy pocas	0.5 - 1
B Una familia de juntas	2
C Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D Dos familias de juntas	4
E Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F Tres familias de juntas	9
G Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)	
A En contacto y sin alterar. Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0.75
B Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de rugosidad de juntas	Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante	
A Juntas discontinuas	4
B Rugosas o irregulares, onduladas	3
C Suaves, onduladas	2
D Estrías (cizalla) (slickensides) onduladas	1.5
E Rugosas o irregulares, planas	1.5
F Suaves, planas	1
G Estrías, planas	0.5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante	
H Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1.0
I Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1.0

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)	
F Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc.	4
G Relleno arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
H Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8 - 12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
M Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH) para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	6,8 ó 8-12
N Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
OPR Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H y J) para la descripción del tipo de arcilla	10,13 ó 13-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Estructura estable, roca competente	2	1.5	1	1	0.7	0.5	0.9
Orientación muy favorable	1	1	0.7	0.6	0.3	0.5	
Bastante favorable	0.75	0.9	0.8	0.5	0.1	0.3	
Desfavorable	0.5	0.8	0.5	0.3	0.05	0.2	
Muy desfavorable	0.25	0.5					
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)							

SRFa Condición Física	
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteraciones por voladura o excavación	2.5
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura	5
C Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización	10
D El talud está en un avanzado estado de erosión y deslizamientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelifracción	15
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20

SRFb tensión y resistencia		
Descripción	oc/g1	SRFb
F Rango de tensiones-resistencia moderado	50 - 200	2.5 - 1
G Rango elevado de tensiones-resistencia	10 - 50	5 - 2.5
H Fallos de roca intacta localizados	5 - 10	10 - 5
J Plastificación o desmoronamiento	2.5 - 5	15 - 10
K Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1 - 2.5	20 - 15

SRFfc discontinuidad mayor (más relevante)				
SRFfc	favorable	defavorable	may defavorable	se produce fallo al no haber refuerza
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4	8
M Discontinuidad principal con un RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8	16
N Discontinuidad mayor con RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12	24

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$



REPRESENTACION GRAFICA DEL MACIZO ROCOSO

CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Bx-Qs	FUENTE: PROPIA				
	E: 550276.96	E: 550290.97	DIP	DIP DIR	ALTERACION:		PROYECTO :				
	N: 64526.2	N: 64531.58	66	167	UCS 3 (Mpa):	182.28	CELDA:	3325	N	5	2

ID	Tipo de Estructura										Condición de las Discontinuidades (JC 1976)										
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor		
1	JS	59	070	30	2	8	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	2	3	3	3	3	4	16	
2	JS	25	230	10	3	2	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	2	3	3	3	3	4	16	
3	JS	84	103	3	2	1	0.2	0.2	1	Cal	9	2.5	1.5	3	3	3	3	3	4	16	
4	JS	82	037	10	2	4	0.25	0.3	1	Cal	9	2.5	1.5	3	3	3	3	3	4	16	
5	JS	9	193	6	2	3	0.25	0.3	1	Cal	9	2.5	1.5	3	3	3	3	3	4	16	
6	F	60	065	1	500	>20	-	-	0	Pz	1	0.5	0.5	10	-	-	-	-	0		
7																					
8																					
9																					

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		60
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 1.5 B 1.5 C 1.5	
Indice de Altercio Ja:	A 2 B 2 C 3	
FACTOR O:	A 0.75 B 1.5 C 1.5	0.47
Jwice (agua, hielo, ambiente)		1.00
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	2.5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	2.5
Q slope		1.27
ANGULO DEL TALUD		65

Descripción del numero de familias de juntas		Jn	Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
A	Masivo, sin juntas o muy pocas	0.5 - 1	a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)		
B	Una familia de juntas	2	A	En contacto y sin alterar. Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0.75
C	Una familia de juntas y otras aleatorias	3	B	Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
D	Dos familias de juntas	4	C	Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
E	Dos familias de juntas y otras aleatorias	6	D	Recubrimientos limosos o arenoso-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
F	Tres familias de juntas	9	E	Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4
G	Tres familias de juntas y otras aleatorias	12	Descripción del factor de alteración de juntas		
H	Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15	b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)		Ja
J	Roca triturada, aspecto de suelo	20	F	Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc.	4
Descripción del factor de rugosidad de juntas		Jr	G	Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante			H	Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
A	Juntas discontinuas	4	J	Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8 - 12
B	Rugosas o irregulares, onduladas	3	c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)		
C	Suaves, onduladas	2	M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva).	6,8 ó 9-12
D	Estrías (cizalla) (ilicitud) onduladas	1,5	N	Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
E	Rugosas o irregulares, planas	1,5	OPR	Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G, H y J para la descripción del tipo de arcilla)	10,13 ó 13-20
F	Suaves, planas	1			
G	Estrías, planas	0,5			
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante					
H	Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0			
I	Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0			

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice			
			Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1,5	1	0.7	0.5	0.9
Bastante favorable	1	1	0.7	0.6	0.3	0.5
Desfavorable	0,75	0,9	0.8	0.5	0.1	0.3
Muy desfavorable	0,5	0,8	0.5	0.3	0.05	0.2
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5				

SRFb tensión y resistencia			SRFfc discontinuidad mayor (más relevante)			
Descripción	oc/G1	SRFb	SRFfc favorable	SRFfc desfavorable	SRFfc Muy desfavorable	Se genera fallo si no se refuerza
F	Rango de tensiones-resistencia moderado	50 - 200	2.5 - 1			
G	Rango elevado de tensiones-resistencia	10 - 50	5 - 2.5			
H	Fallos de roca intacta localizados	5 - 10	10 - 5			
J	Plastificación o desmoronamiento	2.5 - 5	15 - 10			
K	Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1 - 2.5	20 - 15			
L	Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla		1	2	4	8
M	Discontinuidad principal con un RQD ₃₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada		2	4	8	16
N	Discontinuidad mayor con RQD ₃₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada		4	8	12	24

$$Qslope = \frac{RQD}{Jn} \times \left(\frac{Jr}{Ja}\right)_0 \times \frac{Jwice}{SRFslope}$$



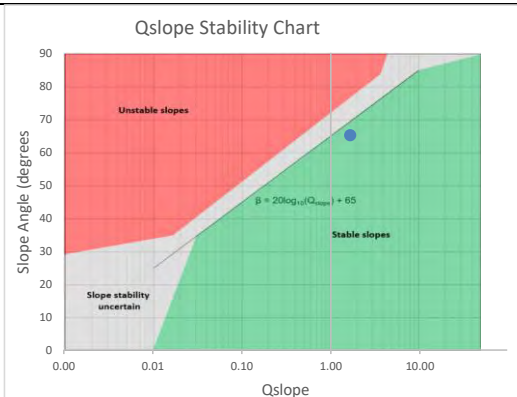
CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	DA	FUENTE: PROPIA				
	E: 550394.78	E: 550409.04	DIP	DIP DIR	ALTERACION:		PROYECTO :				
	N: 64568.27	N: 64572.9	76	160	UCS 3 (Mpa):	128.20	CELDA:	3325	N	5	3

ID	Tipo de Estructura										Condición de las Discontinuidades (JC 1976)									
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor	
1	JS	71	235	5	1	20	0.2	0.3	1	Arc	9	2.5	1.5	2	1	3	3	2	3	12
2	JS	48	245	5	2	15	0.2	0.3	1	Arc	9	2.5	1.5	2	1	3	3	2	3	12
3	JS	8	115	4	2	10	0.25	0.3	1	Arc	9	2.5	1.5	3	1	3	3	2	3	12
4	JS	77	135	3	2	15	0.30	0.4	1	Arc	9	2.5	1.5	3	1	3	3	2	3	12
5	F	30	075	1	80	>20	-	-	0	Pz	1	0.5	0.5	10	-	-	-	-	-	0
6																				
7																				
8																				
9																				

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		78
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 1.5 B 1.5 C 1.5	
Indice de Alteracio Ja:	A 2 B 2 C 3	
FACTOR O:	A 0.75 B 1.5 C 1.5	0.47
Jwice (agua, hielo, ambiente)		1.00
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	2.5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	2.5
Q slope		1.65
ANGULO DEL TALUD		65



Descripción del numero de familias de juntas		Jn	Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
A	Masivo, sin juntas o muy pocas	0.5 - 1	a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)		
B	Una familia de juntas	2	A	En contacto y sin alterar. Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0.75
C	Una familia de juntas y otras aleatorias	3	B	Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
D	Dos familias de juntas	4	C	Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
E	Seis familias de juntas y otras aleatorias	6	D	Recubrimientos limosos o arenoso-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
F	Tres familias de juntas	9	E	Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4
G	Tres familias de juntas y otras aleatorias	12	Descripción del factor de alteración de juntas		
H	Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15	b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)		Ja
J	Roca triturada, aspecto de suelo	20	F	Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc.	4
Descripción del factor de rugosidad de juntas		Jr	G	Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante			H	Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
A	Juntas discontinuas	4	J	Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y si accede al agua.	8 - 12
B	Rugosas o irregulares, onduladas	3	c) No hay contacto entre las paredes de la juntas con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)		
C	Suaves, onduladas	2	M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva).	6,8 ó 8-12
D	Estrías (cizalla) (stickensided) onduladas	1,5	N	Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
E	Rugosas o irregulares, planas	1,5	OPR	Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H y J para la descripción del tipo de arcilla)	10,13 ó 15-20
F	Suaves, planas	1	Descripción del factor de alteración de juntas		
G	Estrías, planas	0,5	b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)		Ja
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante			F	Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc.	4
H	Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0	G	Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
I	Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0	H	Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice			
			Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1,5	1	0.7	0.5	0.9
Bastante favorable	1	1	0.7	0.6	0.3	0.5
Desfavorable	0,75	0,9	0.8	0.5	0.1	0.3
Muy desfavorable	0,5	0,8	0.5	0.3	0.05	0.2
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5				

SRFb tensión y resistencia				
Descripción	oc/01	SRFb		
F	Rango de tensiones-resistencia moderado	50 - 200	2.5 - 1	
G	Rango elevado de tensiones-resistencia	10 - 50	5 - 2.5	
H	Fallos de roca intacta localizados	5 - 10	10 - 5	
J	Plastificación o desmoronamiento	2.5 - 5	15 - 10	
K	Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1 - 2.5	20 - 15	

SRFb discontinuidad mayor (más relevante)				
SRFb	favorable	desfavorable	Muy desfavorable	Si provocara fallo si no se refuerza
L	Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4
M	Discontinuidad principal con un RQD _{limo} = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8
N	Discontinuidad mayor con RQD _{limo} = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$



REPRESENTACION GRAFICA DEL MACIZO ROCOSO

CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Px / Bx-T	FUENTE: PROPIA				
	E: 550473.18	E: 550486.87	DIP	DIP DIR	ALTERACION:		PROYECTO :				
	N: 64631.96	N: 64625.83	70	207	UCS 3 (Mpa):	54.75	CELDA:	3325	N	5	4

ID	Tipo de Estructura										Condición de las Discontinuidades (JC 1976)									
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor	
1	JS	31	156	3	1	>15	0.4	0.5	0	Ox	7	2.5	1.5	2	1	3	3	2	1	10
2	JS	57	287	3	1	15	0.35	0.4	0	Ox	7	2.5	1.5	2	2	3	3	2	3	13
3	JS	86	220	4	2	10	0.3	0.35	1	Arc	5	2	1	3	3	2	1	2	1	9
4	F	74	056	1	30	>20	-	-	0	Pz	3	0.5	1	10	-	-	-	-	-	0
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		55
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 1.5 B 1.5 C 1	
Indice de Alteracio Ja:	A 2 B 2 C 3	
FACTOR O:	A 0.75 B 1.5 C 1.5	0.32
Jwice (agua, hielo, ambiente)		1.00
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	2.5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	2.5
Q slope		0.77
ANGULO DEL TALUD		65

Descripción del numero de familias de juntas		Jn	Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
A	Masivo, sin juntas o muy pocas	0.5 - 1	A	En contacto y sin alterar: Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidoto	0.75
B	Una familia de juntas	2	B	Paredes de juntas intactas, superficies manchadas	1
C	Una familia de juntas y otras aleatorias	3	C	Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D	Dos familias de juntas	4	D	Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E	Dos familias de juntas y otras aleatorias	6	E	Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También diorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4
F	Tres familias de juntas	9			
G	Tres familias de juntas y otras aleatorias	12			
H	Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15			
J	Roca triturada, aspecto de suelo	20			

Descripción del factor de rugosidad de juntas		Jr	Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante					
A	Juntas discontinuas	4	F	Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
B	Rugosas o irregulares, onduladas	3	G	Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
C	Suaves, onduladas	2	H	Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
D	Estrías (cizalla) (slickensided) onduladas	1.5	J	Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de la dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8-12
E	Rugosas o irregulares, planas	1.5	c) No hay contacto entre las paredes de la juntas con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)		
F	Suaves, planas	1	M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GHI para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	8,8 ó 8-12
G	Estrías, planas	0.5	N	Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante					
H	Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0	OPR	Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G, H y J para la descripción del tipo de arcilla)	10,13 ó 13-20
I	Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0			

$$Qslope = \frac{RQD}{Jn} \times \left(\frac{Jr}{Ja}\right)_0 \times \frac{Jwice}{SRFslope}$$

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1.5	Estructura estable, roca competente	1	0.7	0.5	0.9
Bastante favorable	1	1	Estructura estable, roca incompetente	0.7	0.6	0.3	0.5
Desfavorable	0.75	0.9	Estructura inestable, roca competente	0.8	0.5	0.1	0.3
Muy desfavorable	0.5	0.8	Estructura inestable, roca incompetente	0.5	0.3	0.05	0.2
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0.25	0.5					

SRFb tensión y resistencia				
Descripción	oc/oi	SRFb		
F Rango de tensiones-resistencia moderado	50-200	2.5-1		
G Rango elevado de tensiones-resistencia	10-50	5-2.5		
H Fallos de roca intacta localizados	5-10	10-5		
J Plastificación o desmoronamiento	2.5-5	15-10		
K Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1-2.5	20-15		

SRFrc discontinuidad mayor (más relevante)				
SRFrc	favorable	desfavorable	Muy desfavorable	Se produce fallo si no se refuerza
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4	8
M Discontinuidad principal con un RQD _{min} "0" debido a arcilla o roca triturada	2	4	8	16
N Discontinuidad mayor con RQD _{min} "0" debido a arcilla o roca triturada	4	8	12	24



CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE	HASTA	ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Bx	FUENTE: PROPIA					
	E: 550386.3	E: 550398.2	DIP	DIP DIR	ALTERACION:	Qs	PROYECTO :					
	N: 64669.27	N: 64660.14	70	208	UCS 3 (Mpa):	179.05	CELDA:	3325	N	5	5	

ID	Tipo de Estructura										Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)									
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor	
1	JS	33	206	2	1	>15	0.5	0.6	0	Li	9	3	3	1	1	3	4	4	4	16
2	JS	65	043	2	3	>20	0.7	1	0	Arc	9	3	3	3	0	1	4	2	1	8
3	F	71	098	1	30	>15	-	-	0	Pz	3	0.5	1	10	-	-	-	-	0	
4	JS	37	095	2	1	6	0.4	0.6	2	Li	7	3	2	1	3	3	3	4	4	17
5	J	65	063	1	2	>15	-	-	0	Arc	7	3	1.5	3	1	2	3	2	3	11
6	J	45	198	1	2	15	-	-	2	Arc	7	3	1.5	3	2	2	3	2	3	12
7																				
8																				
9																				

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		90
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		6
Indice de Rugosidad Jr:	A 3 B 3 C 2	
Indice de Alteracio Ja:	A 1 B 3 C 1	
FACTOR O:	A 0.75 B 1 C 1	4.50
Jwice (agua, hielo, ambiente)		1.00
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	5
Q slope		13.50
ANGULO DEL TALUD		65

Qslope Stability Chart

Descripción del numero de familias de juntas		Jn	Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
A	Masivo, sin juntas o muy pocas	0.5 - 1	a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)		
B	Una familia de juntas	2	A	En contacto y sin alterar. Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0.75
C	Una familia de juntas y otras aleatorias	3	B	Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
D	Dos familias de juntas	4	C	Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
E	Dos familias de juntas y otras aleatorias	6	D	Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
F	Tres familias de juntas	9	E	Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4
G	Tres familias de juntas y otras aleatorias	12	b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)		
H	Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diacadaso	15	F	Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
J	Roca triturada, aspecto de suelo	20	G	Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
Descripción del factor de rugosidad de juntas		Jr	H	Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante			J	Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8-12
A	Juntas discontinuas	4	c) No hay contacto entre las paredes de la juntas con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)		
B	Rugosas o irregulares, onduladas	3	M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH) para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva	6,8 ó 8-12
C	Suaves, onduladas	2	N	Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
D	Estrías (cizalla) (tilkensided) onduladas	1.5	OPR	Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H y J) para la descripción del tipo de arcilla	10,13 ó 15-20
E	Rugosas o irregulares, planas	1.5			
F	Suaves, planas	1			
G	Estrías, planas	0.5			
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante					
H	Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0			
I	Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0			

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1.5	Estructura estable, roca competente	1	0.7	0.5	0.9
Bastante favorable	1	1	Estructura estable, roca incompetente	0.7	0.6	0.3	0.5
Desfavorable	0.75	0.9	Estructura inestable, roca competente	0.8	0.5	0.1	0.3
Muy desfavorable	0.5	0.8	Estructura inestable, roca incompetente	0.5	0.3	0.05	0.2
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0.25	0.5					

SRFa Condición física				
Descripción	SRFa			
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteraciones por voladura o excavación	2.5			
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura	5			
C Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización	10			
D El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelificación	15			
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20			

SRFrc discontinuidad mayor (más relevante)				
SRFrc	Favorable	Desfavorable	Muy desfavorable	Se produce Rallo si no se refuerza
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4	8
M Discontinuidad principal con un RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8	16
N Discontinuidad mayor con RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12	24

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$



CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Qq		FUENTE: PROPIA			
	E:	550305.65	E:	550320.36	DIP	DIP DIR	ALTERACION:			PROYECTO :			
	N:	64703.63	N:	64700.72	68	185	UCS 3 (Mpa):	194.53	CELDA:	3325	N	5	6

ID	Tipo de Estructura										Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)									
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor	
1	J	57	222	1	2	12	-	-	1	Ai	9	4	1.5	1	2	2	4	4	4	16
2	JS	59	008	3	1	15	0.3	0.5	1	Ca	7	3.5	1.5	2	2	3	3	4	3	15
3	JS	37	205	4	1	>15	0.25	0.3	0	Ai	3	3.5	1	1	1	3	1	4	4	13
4	JS	35	266	3	1	15	0.4	0.5	0	De	5	3.5	1	2	2	3	1	4	3	13
5	F	38	062	1	30	>15	-	-	0	Pz	5	0.5	1	10	-	-	-	-	-	0
6																				
7																				
8																				
9																				

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		55
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		6
Indice de Rugosidad Jr:	A 1.5 B 1.5 C 1	
Indice de Alteracio Ja:	A 1 B 2 C 2	
FACTOR O:	A 1 B 1.5 C 1.5	1.27
Jwice (agua, hielo, ambiente)		1.00
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	2.5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	2.5
Q slope		4.64
ANGULO DEL TALUD		65

Descripción del numero de familias de juntas		Jn	Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
A	Masivo, sin juntas o muy pocas	0,5 - 1	a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)		
B	Una familia de juntas	2	A	En contacto y sin alterar. Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0,75
C	Una familia de juntas y otras aleatorias	3	B	Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
D	Dos familias de juntas	4	C	Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, particulas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
E	Dos familias de juntas y otras aleatorias	6	D	Recubrimientos limosos o areno-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
F	Tres familias de juntas	9	E	Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4
G	Tres familias d ejuntas y otras aleatorias	12	Descripción del factor de rugosidad de juntas		
H	Cuatro o mas familias de juntas, aleatoeiras, fuertemente diacadaso	15	a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante		
J	Roca triturada, aspecto de suelo	20	A	Juntas discontinuas	4
Descripción del factor de rugosidad de juntas		Jr	B	Rugosas o irregulares, onduladas	3
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante			C	Suaves, onduladas	2
A		4	D	Estridads (cizalla) (dickensided) onduladas	1,5
B		3	E	Rugosas o irregulares, planas	1,5
C		2	F	Suaves, planas	1
D		1,5	G	Estridads, planas	0,5
E		1,5	c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante		
F		1	H	Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
G		0,5	I	Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
H		1,0	Descripción del factor de alteración de juntas		
I		1,0	b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)		
			F	Particulas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
			G	Relleno arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
			H	Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo gradi de sobreconsolidacion	8
			J	Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de particulas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8 - 12
			c) No hay contacto entre las paredes de la juntas con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)		
			M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	6,8 ó 8-12
			N	Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
			OPR	Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H y J) para la descripción del tipo de arcilla	10,13 ó 15-20

$$Qslope = \frac{RQD}{Jn} \times \left(\frac{Jr}{Ja}\right)_0 \times \frac{Jwice}{SRFslope}$$

Descripción del factor O		Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice				SRF Condición Física					
Orientación muy favorable		2	1,5	Estructura estable, roca competente		1	0.7	0.5	0.9	Descripción			
Bastante favorable		1	1	Estructura estable, roca incompetente		0.7	0.6	0.3	0.5	A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación			
Desfavorable		0,75	0,9	Estructura inestable, roca competente		0.8	0.5	0.1	0.3	B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura			
Muy desfavorable		0,5	0,8	Estructura inestable, roca incompetente		0.5	0.3	0.05	0.2	C Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización			
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)		0,25	0,5							D El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelifracción			
SRFb tensión y resistencia				SRFc discontinuidad mayor (más relevante)									
Descripción		oc/oi	SRFb	SRFfc favorable desfavorable Muy desfavorable Si produce fallo si se refuerza									
F Rango de tensiones-resistencia moderado		50 - 200	2.5 - 1										
G Rango elevado de tensiones-resistencia		10 - 50	5 - 2.5	L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla				1	2	4	8		
H Fallos de roca intacta localizados		5 - 10	10 - 5	M Discontinuidad principal con un RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada				2	4	8	16		
J Plastificación o desmoronamiento		2.5 - 5	15 - 10	N Discontinuidad mayor con RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada				4	8	12	24		
K Flujo plástico de material debilitado, post-rotura		1 - 2.5	20 - 15										



REPRESENTACION GRAFICA DEL MACIZO ROCOSO

CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE			HASTA			ORIENTACION DEL TALUD			ROCA :	Di		FUENTE: PROPIA						
	E:	549749.66			E:	549763.02			DIP	DIP DIR		ALTERACION:	Prop		PROYECTO :				
	N:	64550.27			N:	64557.08			67	153		UCS 3 (Mpa):	120.51		CELDA:	3325		NO	5

ID	Tipo de Estructura										Condición de las Discontinuidades (JC 1976)								
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor
1	JS	83	201	2	1	15	0.5	0.9	0	Ai	5	4	1	1	3	1	4	4	13
2	JS	32	137	2	1	>20	0.5	1.2	0	Ai	5	3.5	1	2	0	3	1	4	12
3	J	59	352	1	3	>20	-	-	0	Arc	7	3	1.5	3	0	1	3	2	7
4	JS	80	104	1	<1	8	1.0	1.5	2	Ai	7	4	1.5	1	3	3	3	4	17
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		95
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		6
Indice de Rugosidad Jr:	A 1 B 1 C 1.5	
Indice de Alteración Ja:	A 1 B 2 C 1	
FACTOR O:	A 0.75 B 1 C 1	0.56
Jwice (agua, hielo, ambiente)		1.00
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	2.5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	2.5
Q slope		3.56
ANGULO DEL TALUD		65

Qslope Stability Chart

$$Qslope = \frac{RQD}{Jn} \times \left(\frac{Jr}{Ja}\right)_0 \times \frac{Jwice}{SRFslope}$$

Descripción del número de familias de juntas	Jn
A Masivo, sin juntas o muy pocas	0,5 - 1
B Una familia de juntas	2
C Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D Dos familias de juntas	4
E Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F Tres familias de juntas	9
G Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)	
A En contacto y sin alterar: Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0,75
B Paredes ligeramente alteradas, superficies manchadas	1
C Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de rugosidad de juntas	Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante	
A Juntas discontinuas	4
B Rugosas o irregulares, onduladas	3
C Suaves, onduladas	2
D Estrías (cizalla) (slickensided) onduladas	1,5
E Rugosas o irregulares, planas	1,5
F Suaves, planas	1
G Estrías, planas	0,5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante	
H Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
I Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)	
F Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc.	4
G Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
H Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8-12
c) No hay contacto entre las paredes de la juntas con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
M Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH) para la descripción del tipo de arcilla, y la portación respectiva	6,8 ó 8-12
N Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
OPR Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H y J para la descripción del tipo de arcilla	10,13 ó 15-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)
Orientación muy favorable	2	1,5
Bastante favorable	1	1
Desfavorable	0,75	0,9
Muy desfavorable	0,5	0,8
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5

Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cufas" de hielo
Estructura estable, roca competente	1	0,7	0,5	0,9
Estructura estable, roca incompetente	0,7	0,6	0,3	0,5
Estructura inestable, roca competente	0,8	0,5	0,1	0,3
Estructura inestable, roca incompetente	0,5	0,3	0,05	0,2

Descripción	SRF Condición física			
	SRFb	SRFc	SRFd	SRFe
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación	2,5			
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura	5			
C Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización.	10			
D El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelifracción	15			
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20			



CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

		DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :	Di		FUENTE: PROPIA				
		E: 549660.87		E: 549672.92		DIP		ALTERACION:		Prop		PROYECTO :			
		N: 64496.73		N: 64505.65		70		146		UCS 3 (Mpa):		190.21		CELDA: 3325 NO 5 12	

ID	Tipo de Estructura		N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno				Condición de las Discontinuidades (JC 1976)							
	Dip	Dip Dir							JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorización	Valor		
1	JS	44	108	3	<1	15	0.35	0.5	0	Ai	5	4	1	1	1	3	1	4	5	14
2	JS	86	110	1	5	>15	-	-	0	Arc	7	2	1.5	3	1	1	1	2	1	6
3	JS	80	207	3	1	6	0.3	0.35	2	De	7	3	1.5	2	3	3	1	2	3	12
4	JS	56	122	4	1	10	0.3	0.5	1	Arc	9	3	2	3	2	3	1	2	1	9
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		45
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		6
Indice de Rugosidad Jr:	A 1 B 1.5 C 2	
Indice de Alteración Ja:	A 1 B 3 C 3	
FACTOR O:	A 1 B 1.5 C 1	0.50
Jwice (agua, hielo, ambiente)		1.00
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	5
Q slope		0.75
ANGULO DEL TALUD		65

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$

Descripción del numero de familias de juntas	Jn
A Masivo, sin juntas o muy pocas	0.5 - 1
B Una familia de juntas	2
C Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D Dos familias de juntas	4
E Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F Tres familias de juntas	9
G Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)	0.75
A En contacto y sin alterar. Rellenos no reblanecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0.75
B Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblanecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E Recubrimientos reblanecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de rugosidad de juntas	Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante	
A Juntas discontinuas	4
B Rugosas o irregulares, onduladas	3
C Suaves, onduladas	2
D Estrías (cizalla) (tilkensided) onduladas	1.5
E Rugosas o irregulares, planas	1.5
F Suaves, planas	1
G Estrías, planas	0.5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante	
H Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1.0
I Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1.0

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)	
F Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
G Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblanecibles	6
H Rellenos arcillosos reblanecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J Rellenos de arcillas expansivas talco como montmorillonita. El valor de la dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8-12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
M Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH) para la descripción del tipo de arcilla, y la puntación respectiva)	6,8,6 8-12
N Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblanecible	5
ORR Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H,I) para la descripción del tipo de arcilla	10,13 0-13-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1.5	1	1	0.7	0.5	0.9
Bastante favorable	1	1	0.7	0.7	0.6	0.3	0.5
Desfavorable	0.75	0.9	0.8	0.8	0.5	0.1	0.3
Muy desfavorable	0.5	0.8	0.5	0.5	0.3	0.05	0.2
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0.25	0.5					

SRFa Condición física		SRFa
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación		2.5
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura		5
C Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización		10
D El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelificación		15
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo		20

SRFb tensión y resistencia		
Descripción	oc/σ1	SRFb
F Rango de tensiones-resistencia moderado	50-200	2.5-1
G Rango elevado de tensiones-resistencia	10-50	5-2.5
H Fallos de roca intacta localizados	5-10	10-5
J Plasticidad o desmoronamiento	2.5-5	15-10
K Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1-2.5	20-15

SRFrc discontinuidad mayor (más relevante)				
SRFrc	Favorable	destroable	Muy desfavorable	No produce fallo si no se refuerza
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4	8
M Discontinuidad principal con un RQD _{arc} = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8	16
N Discontinuidad mayor con RQD _{arc} = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12	24



CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE			HASTA			ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :	Di		FUENTE: PROPIA					
	E:	549581.1			E:	549593.23			DIP	DIP DIR			ALTERACION:	Prop		PROYECTO :			
	N:	64443.77			N:	64452.59			65	144			UCS / σt:	109.17	10.29	CELDA:	3325	NO	5

ID	Tipo de Estructura										Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)										
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor		
1	JS	57	094	4	1	15	0.35	0.3	0	Ai	5	3	1	2	2	3	1	2	3	11	
2	JS	81	215	3	2	15	0.3	0.4	0	Arc	7	2.5	1.5	3	1	2	3	2	1	9	
3	JS	27	188	3	1	>20	0.4	0.5	0	Ai	7	3	1.5	1	0	3	3	2	3	11	
4	JS	25	180	3	2	>20	0.35	0.5	0	Arc	5	3	1	3	0	2	1	2	3	8	
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		55
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 1 B 1.5 C 1.5	
Indice de Alteracio Ja:	A 2 B 3 C 1	
FACTOR O:	A 1 B 1.5 C 1.5	0.84
Jwice (agua, hielo, ambiente)		1.00
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	5
Q slope		1.03
ANGULO DEL TALUD		65

Descripción del numero de familias de juntas		Jn
A	Masivo, sin juntas o muy pocas	0.5 - 1
B	Una familia de juntas	2
C	Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D	Dos familias de juntas	4
E	Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F	Tres familias de juntas	9
G	Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H	Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J	Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de rugosidad de juntas		Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante		
A	Juntas discontinuas	4
B	Rugosas o irregulares, onduladas	3
C	Suaves, onduladas	2
D	Estrías (cizalla) (ulckensidad) onduladas	1.5
E	Rugosas o irregulares, planas	1.5
F	Suaves, planas	1
G	Estrías, planas	0.5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante		
H	Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1.0
I	Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1.0

Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)		
A	En contacto y sin alterar: Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidoto	0.75
B	Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C	Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D	Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E	Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)		
F	Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
G	Relleno arcilloso fuertemente sobreconsolidado no reblandecibles	6
H	Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J	Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de la dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8-12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)		
M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GHI para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	8.8-9.12
N	Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
OPR	Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G, H, J) para la descripción del tipo de arcilla	10.13-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)
Orientación muy favorable	2	1.5
Bastante favorable	1	1
Desfavorable	0.75	0.9
Muy desfavorable	0.5	0.8
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0.25	0.5

SRFB tensión y resistencia		
Descripción	σc/σ1	SRFB
F	Rango de tensiones-resistencia moderado	2.5 - 1
G	Rango elevado de tensiones-resistencia	5 - 2.5
H	Fallos de roca intacta localizados	10 - 5
J	Plastificación o desmoronamiento	2.5 - 5
K	Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1 - 2.5

Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuitas" de hielo
Estructura estable, roca competente	1	0.7	0.5	0.9
Estructura estable, roca incompetente	0.7	0.6	0.3	0.5
Estructura inestable, roca competente	0.8	0.5	0.1	0.3
Estructura inestable, roca incompetente	0.5	0.3	0.05	0.2

SRFC discontinuidad mayor (más relevante)				
SRFC	favorable	desfavorable	Muy desfavorable	Se produce fallo si no se refuerza
L	Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4
M	Discontinuidad principal con un RQD ₅₀ "0" debido a arcilla o roca triturada	2	4	8
N	Discontinuidad mayor con RQD ₅₀ "0" debido a arcilla o roca triturada	4	8	12

SRFA Condición física		SRFA
Descripción		
A	Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación	2.5
B	Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura	5
C	Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización	10
D	El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelifracción	15
E	Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$



CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :		Di		FUENTE: PROPIA					
E: 549472.73		E: 549483.61		DIP		DIP DIR		ALTERACION:		PROYECTO :		3310			
N: 64359.74		N: 64370.07		63		141		UCS / σt:		CELDA:		3325		NO 5 14	

ID	Tipo de Estructura										Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)									
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor	
1	JS	46	158	5	1	>15	0.15	0.2	0	Ca	5	3.5	1	1	1	3	1	4	3	12
2	JS	78	211	3	2	12	0.35	0.6	1	Arc	7	3	1.5	3	3	2	3	2	1	11
3	JS	66	306	4	1	>15	0.25	0.3	0	Ca	7	3.5	1.5	1	1	3	3	4	3	14
4	J	49	118	1	3	15	-	-	1	Ca	7	2	2	2	2	1	3	2	3	11
5	F	78	338	1	300	>20	-	-	0	Bf	3	0.5	0.5	20	-	-	-	-	-	0
6																				
7																				
8																				
9																				

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		25
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:		A 1 B 1.5 C 1.5
Indice de Altercio Ja:		A 1 B 3 C 1
FACTOR O:		A 0.75 B 1 C 1
Jwice (agua, hielo, ambiente)		0.50
SRF SLOPE (efectos tensionales)		SFRa 10 SFRb 2.5 SFRc 12 SFR maximo 12
Q slope		0.07
ANGULO DEL TALUD		65

Qslope Stability Chart

Descripción del numero de familias de juntas	Jn
A Masivo, sin juntas o muy pocas	0.5 - 1
B Una familia de juntas	2
C Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D Dos familias de juntas	4
E Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F Tres familias de juntas	9
G Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)	
A En contacto y sin alterar. Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0.75
B Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de rugosidad de juntas	Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante	
A Juntas discontinuas	4
B Rugosas o irregulares, onduladas	3
C Suaves, onduladas	2
D Estrías (cizalla) (slickensides) onduladas	1.5
E Rugosas o irregulares, planas	1.5
F Suaves, planas	1
G Estrías, planas	0.5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante	
H Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1.0
I Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1.0

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)	
F Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
G Relleno arcilloso fuertemente sobreconsolidado no reblandecibles	6
H Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8 - 12
J Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8 - 12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
M Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GHI para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	6,8 ó 8-12
N Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
OPR Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H,I y J para la descripción del tipo de arcilla)	10,13 ó 15-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)
Orientación muy favorable	2	1.5
Bastante favorable	1	1
Desfavorable	0.75	0.9
Muy desfavorable	0.5	0.8
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0.25	0.5

Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Estructura estable, roca competente	1	0.7	0.5	0.9
Estructura estable, roca incompetente	0.7	0.6	0.3	0.5
Estructura inestable, roca competente	0.8	0.5	0.1	0.3
Estructura inestable, roca incompetente	0.5	0.3	0.05	0.2

Descripción	SRFa Condición física	SRFb
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación		2.5
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura		5
C Semajante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización		10
D El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelificación		15
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo		20

SRFb tensión y resistencia	σc/σ1	SRFb
F Rango de tensiones-resistencia moderado	50 - 200	2.5 - 1
G Rango elevado de tensiones-resistencia	10 - 50	5 - 2.5
H Fallos de roca intacta localizados	5 - 10	10 - 5
J Plastificación o desmoronamiento	2.5 - 5	15 - 10
K Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1 - 2.5	20 - 15

SRFb discontinuidad mayor (más relevante)	SRFb	Favorable	Desfavorable	Muy desfavorable	Se produce fallo si no se refuerza
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4	8	
M Discontinuidad principal con un RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8	16	
N Discontinuidad mayor con RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12	24	

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$



CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

DESDE		HASTA		ORIENTACION DEL TALUD		ROCA :		Di		FUENTE: PROPIA			
E: 549378.29		E: 549390.12		DIP		DIP DIR		ALTERACION:		PROYECTO :			
N: 64278.18		N: 64287.39		65		140		UCS / σt:		142.10 13.39		CELDA: 3325 NO 5 15	

ID	Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)										Valor										
	Tipo de Estructura	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Overize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion		
1	JS	45	158	5	1	>15	0.15	0.2	0	Ai	5	3.5	1	1	1	3	1	4	4	13	
2	JS	86	210	3	1	10	0.35	0.5	2	Ca	7	3.5	1	1	3	3	3	4	3	16	
3	JS	64	300	4	2	>15	0.25	0.3	0	Ca	7	3.5	1	2	1	2	3	2	3	11	
4	JS	62	158	4	1	>15	0.20	0.25	0	Ca	5	3.5	1	1	1	3	1	4	4	13	
5																					
6																					
7																					
8																					
9																					

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		40
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 1 B 1 C 1	
Indice de Alteracio Ja:	A 1 B 1 C 2	
FACTOR O:	A 0.75 B 1.5 C 1.5	0.84
Jwice (agua, hielo, ambiente)		0.80
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	5
Q slope		0.60
ANGULO DEL TALUD		65

$$Qslope = \frac{RQD}{Jn} \times \left(\frac{Jr}{Ja}\right)_0 \times \frac{Jwice}{SRFslope}$$

Descripción del numero de familias de juntas	Jn
A Masivo, sin juntas o muy pocas	0,5 - 1
B Una familia de juntas	2
C Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D Dos familias de juntas	4
E Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F Tres familias de juntas	9
G Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de rugosidad de juntas	Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante	
A Juntas discontinuas	4
B Rugosas o irregulares, onduladas	3
C Suaves, onduladas	2
D Estructuras (cizalla) (slickensided) onduladas	1,5
E Rugosas o irregulares, planas	1,5
F Suaves, planas	1
G Estructuras, planas	0,5
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
H Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
I Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)	
A En contacto y sin alterar. Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidota	0,75
B Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D Recubrimientos limosos o arenos-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de alteración de juntas	Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)	
F Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
G Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
H Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de Ja dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8 - 12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)	
M Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GH para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	6,8 ó 8-12
N Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
ORR Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H y J para la descripción del tipo de arcilla)	10,13 ó 13-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)	Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Orientación muy favorable	2	1,5	Estructura estable, roca competente	1	0.7	0.5	0.9
Bastante favorable	1	1	Estructura estable, roca incompetente	0.7	0.6	0.3	0.5
Desfavorable	0,75	0,9	Estructura inestable, roca competente	0.8	0.5	0.1	0.3
Muy desfavorable	0,5	0,8	Estructura inestable, roca incompetente	0.5	0.3	0.05	0.2
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5					

SRFb tensión y resistencia	oc/oi	SRFb
F Rango de tensiones-resistencia moderado	50 - 200	2.5 - 1
G Rango elevado de tensiones-resistencia	10 - 50	5 - 2.5
H Fallos de roca intacta localizados	5 - 10	10 - 5
J Plastificación o desmoronamiento	2.5 - 5	15 - 10
K Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1 - 2.5	20 - 15

SRFc discontinuidad mayor (más relevante)	favorable	desfavorable	factor desfavorable	si produce fallo si no se refuerza
L Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4	8
M Discontinuidad principal con un RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	2	4	8	16
N Discontinuidad mayor con RQD ₁₀₀ = 0 debido a arcilla o roca triturada	4	8	12	24

Descripción	SRFa
A Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación	2,5
B Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura	5
C Semiparejo a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización	10
D El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelificación	15
E Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20



REPRESENTACION GRAFICA DEL MACIZO ROCOSO

CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

	DESDE			HASTA			ORIENTACION DEL TALUD				ROCA :	Di		FUENTE: PROPIA							
	E:	549302.59			E:	549314.08			DIP	DIP DIR			ALTERACION:	Prop		PROYECTO :					
	N:	64212.8			N:	64222.44			65	139			UCS / σt:	157.97	14.89	CELDA:	3325	NO	5	16	

ID	Tipo de Estructura										Condicion de las Discontinuidades (JC 1976)										
	Dip	Dip Dir	N de Estructuras	Abertura / Espesor (mm)	Continuidad (m)	Espaciamiento (m)	Oversize (m)	N de Extremos Visibles	Tipo de Relleno	JRC	JCS	JR	JA	Continuidad	Abertura	Rugosidad	Relleno	Meteorizacion	Valor		
1	JS	33	105	4	1	>15	0.3	0.5	0	Ca	5	3.5	1	1	1	2	1	4	4	12	
2	JS	55	298	3	1	>20	0.4	0.5	0	Ca	7	3.5	1.5	2	0	2	3	4	3	12	
3	JS	82	204	4	<1	15	0.3	0.35	0	Ca	7	3.5	1.5	1	2	3	3	4	4	16	
4	JS	28	108	5	1	>20	0.2	0.25	0	Ai	5	3.5	1	1	0	2	1	4	4	11	
5	JS	69	286	1	3	>15	0.4	0.6	0	Ca	7	3.5	1.5	1	1	1	3	4	4	13	
6																					
7																					
8																					
9																					

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO CLASIFICACION GEOMECANICA Q-SLOPE 2017

PARAMETRO		VALOR
RQD %		40
FACTOR DE FAMILIA DE JUNTAS (Jn)		9
Indice de Rugosidad Jr:	A 1 B 1.5 C 1.5	
Indice de Alteracio Ja:	A 1 B 2 C 1	
FACTOR O:	A 0.75 B 1 C 1.5	1.27
Jwice (agua, hielo, ambiente)		0.80
SRF SLOPE (efectos tensionales)	SFRa	5
	SFRb	1
	SFRc	1
	SFR maximo	5
Q slope		0.90
ANGULO DEL TALUD		65

Qslope Stability Chart

Descripción del numero de familias de juntas		Jn
A	Masivo, sin juntas o muy pocas	0,5 - 1
B	Una familia de juntas	2
C	Una familia de juntas y otras aleatorias	3
D	Dos familias de juntas	4
E	Dos familias de juntas y otras aleatorias	6
F	Tres familias de juntas	9
G	Tres familias de juntas y otras aleatorias	12
H	Cuatro o mas familias de juntas, aleatorias, fuertemente diaclasado	15
J	Roca triturada, aspecto de suelo	20

Descripción del factor de rugosidad de juntas		Jr
a) Contacto entre las paredes de la junta b) contacto después de desplazamiento cortante		
A	Juntas discontinuas	4
B	Rugosas o irregulares, onduladas	3
C	Suaves, onduladas	2
D	Estrías (cizalla) (ulcensidad) onduladas	1,5
E	Rugosas o irregulares, planas	1,5
F	Suaves, planas	1
G	Estrías, planas	0,5
c) No hay contacto entre las paredes con movimiento cortante		
H	Relleno de minerales arcillosos espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0
I	Relleno de arena, grava o zona triturada espesor suficiente para evitar contacto entre paredes	1,0

Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
a) Contacto entre las paredes de la junta (no hay rellenos arcillosos, solo recubrimientos)		
A	En contacto y sin alterar: Rellenos no reblandecibles impermeables, por ejemplo cuarzo o epidoto	0,75
B	Paredes de juntas inalteradas, superficies manchadas	1
C	Paredes ligeramente alteradas. Recubrimientos de minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcilla, etc.	2
D	Recubrimientos limosos o areno-arcillosos, fragmentos roca desintegrada arcillosa, etc.	3
E	Recubrimientos reblandecibles o arcillosos de baja fricción, como caolinita o mica. También diorita, talco, yeso, grafito, etc. Pequeñas cantidades de arcillas expansivas	4

Descripción del factor de alteración de juntas		Ja
b) Contacto entre las paredes de la junta después de cierto desplazamiento cortante (rellenos finos arcillosos de espesor 1 a 5 mm)		
F	Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcillas, etc	4
G	Rellenos arcillosos fuertemente sobreconsolidados no reblandecibles	6
H	Rellenos arcillosos reblandecibles, de medio a bajo grado de sobreconsolidación	8
J	Rellenos de arcillas expansivas tales como montmorillonita. El valor de la dependerá del porcentaje de partículas de arcillas expansivas y el acceso al agua.	8-12
c) No hay contacto entre las paredes de la junta con un desplazamiento cortante (rellenos espesos de arcilla y fragmentos rocosos)		
M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcilla (ver letras GHI para la descripción del tipo de arcilla, y la puntuación respectiva)	8,8 ó 8-12
N	Zonas o bandas de limo o arcillas arenosas, fracción pequeña de arcilla no reblandecible	5
OPR	Bandas o zonas continuas espesas de arcilla (ver G,H,I y J para la descripción del tipo de arcilla)	10,13 ó 13-20

Descripción del factor O	Familia de juntas A (principal)	Familia de juntas B (secundaria)
Orientación muy favorable	2	1,5
Bastante favorable	1	1
Desfavorable	0,75	0,9
Muy desfavorable	0,5	0,8
Causaría fallo si no se sostiene (refuerza)	0,25	0,5

SRFb tensión y resistencia			
Descripción	σc/σ1	SRFb	
F	Rango de tensiones-resistencia moderado	50-200	2,5-1
G	Rango elevado de tensiones-resistencia	10-50	5-2,5
H	Fallos de roca intacta localizados	5-10	10-5
J	Plastificación o desmoronamiento	2,5-5	15-10
K	Flujo plástico de material debilitado, post-rotura	1-2,5	20-15

Jwice	Ambiente desértico	Ambiente húmedo	Tormentas tropicales	"Cuñas" de hielo
Estructura estable, roca competente	1	0.7	0.5	0.9
Estructura estable, roca incompetente	0.7	0.6	0.3	0.5
Estructura inestable, roca competente	0.8	0.5	0.1	0.3
Estructura inestable, roca incompetente	0.5	0.3	0.05	0.2

SRFb discontinuidad mayor (más relevante)					
SRFb	favorable	desfavorable	Muy desfavorable	Se produce fallo si no se refuerza	
L	Discontinuidad principal con muy poco o sin arcilla	1	2	4	8
M	Discontinuidad principal con un RQD ₅₀ "0" debido a arcilla o roca triturada	2	4	8	16
N	Discontinuidad mayor con RQD ₅₀ "0" debido a arcilla o roca triturada	4	8	12	24

SRFa Condición física		SRFa
Descripción		
A	Ligero "aflojamiento" debido a la localización superficial, a alteración por voladura o excavación	2,5
B	Bloques sueltos, signos de grietas de tracción y movimiento de juntas, susceptibilidad a la meteorización. Alteración importante por voladura	5
C	Semejante a B pero con una susceptibilidad importante a la meteorización	10
D	El talud está en un avanzado estado de erosión y desprendimientos debido a la erosión periódica por agua y/o gelifracción	15
E	Talud residual con importante transporte de material pendiente abajo	20

$$Q_{slope} = \frac{RQD}{J_n} \times \left(\frac{J_r}{J_a}\right)_0 \times \frac{J_{wice}}{SRF_{slope}}$$



ANEXOS 5 – TABLAS DE COMPARACIÓN DE RESULTADOS

- Comparación de los métodos de clasificación geomecánica
- Comparación de los datos geomecánicos para diseño de voladura

TABLA COMPARATIVA DE CLASIFICACIONES GEOMECANICAS

CELDA	TIPO LITOLOGIA	RMR	MRMR	GSI	SMR	Q SLOPE
3265_N_4_20	Dacita Aglomerada	63	60	50-60	63	Stable Slope
3265_N_4_21	Dacita Aglomerada	72	67	75-85	55	Slope stability uncertain
3265_N_4_22	Dacita Aglomerada	66	66	55-65	65	Slope stability uncertain
3265_N_4_23	Dacita Aglomerada	50	48	40-45	38	Unstable slope
3265_N_4_24	Dacita Aglomerada	66	60	65-75	47	Unstable slope
3265_N_4_25	Cuarzo Quellaveco	57	44	50-60	54	Slope stability uncertain
3265_NO_5_1	Diorita	73	65	65-75	59	Stable Slope
3265_NO_5_2	Diorita	79	69	70-80	68	Stable Slope
3265_NO_5_3	Diorita	67	62	60-70	60	Stable Slope
3265_NO_5_4	Diorita	59	59	45-55	69	Slope stability uncertain
3265_NO_5_5	Diorita	76	71	70-80	53	Stable Slope
3265_NO_5_6	Diorita	73	68	65-75	48	Slope stability uncertain
3325_N_5_1	Brecha	61	49	60-70	58	Stable Slope
3325_N_5_2	Brecha	54	47	50-60	59	Stable Slope
3325_N_5_3	Dacita Aglomerada	67	61	60-70	68	Stable Slope
3325_N_5_4	Brecha	50	42	45-55	51	Slope stability uncertain
3325_N_5_5	Brecha	67	60	55-65	59	Stable Slope
3325_N_5_6	Cuarzo Quellaveco	57	54	50-60	40	Stable Slope
3325_NO_5_11	Diorita	71	65	65-75	54	Stable Slope
3325_NO_5_12	Diorita	53	54	45-55	63	Slope stability uncertain
3325_NO_5_13	Diorita	52	50	45-55	51	Slope stability uncertain
3325_NO_5_14	Diorita	41	41	35-45	12	Unstable slope
3325_NO_5_15	Diorita	56	54	50-60	53	Slope stability uncertain
3325_NO_5_16	Diorita	58	58	50-60	56	Slope stability uncertain

TABLA DE CALCULO DE INDICE DE VOLABILIDAD-FACTOR DE CARGA Y FACTOR DE ENERGIA

CELDA	TIPO LITOLOGIA	RQD	FF	DENSIDAD DE ROCA	UCS	RMD	JPS	JPO	SGI	S	BI	FC (KgAnfo/TM)	FE (MJ/TM)	FACTOR DE ROCA
3265_N_4_20	Dacita Aglomerada	80	2	2.65	109.32	40	50.0	20	16.25	5.47	65.86	0.26	0.99	7.90
3265_N_4_21	Dacita Aglomerada	100	3	2.65	142.95	50	33.3	20	16.25	7.15	63.37	0.25	0.95	7.60
3265_N_4_22	Dacita Aglomerada	95	3	2.65	92.93	47.5	33.3	20	16.25	4.65	60.86	0.24	0.91	7.30
3265_N_4_23	Dacita Aglomerada	45	8	2.65	194.84	22.5	12.5	20	16.25	9.74	40.50	0.16	0.61	4.86
3265_N_4_24	Dacita Aglomerada	90	2	2.65	131.99	45	50.0	20	16.25	6.60	68.92	0.28	1.03	8.27
3265_N_4_25	Cuarzo Quellaveco	55	7	2.63	146.52	27.5	14.3	20	15.75	7.33	42.43	0.17	0.64	5.09
3265_NO_5_1	Diorita	85	3	2.7	183.56	42.5	33.3	20	17.5	9.18	61.26	0.25	0.92	7.35
3265_NO_5_2	Diorita	95	2	2.7	176.24	47.5	50.0	20	17.5	8.81	71.91	0.29	1.08	8.63
3265_NO_5_3	Diorita	80	3	2.7	168.08	40	33.3	20	17.5	8.40	59.62	0.24	0.89	7.15
3265_NO_5_4	Diorita	70	4	2.7	178.41	35	25.0	20	17.5	8.92	53.21	0.21	0.80	6.39
3265_NO_5_5	Diorita	90	2	2.7	191.96	45	50.0	20	17.5	9.60	71.05	0.28	1.07	8.53
3265_NO_5_6	Diorita	85	3	2.7	218.13	42.5	33.3	20	17.5	10.91	62.12	0.25	0.93	7.45
3325_N_5_1	Brecha	60	5	2.62	120.84	30	20.0	20	15.5	6.04	45.77	0.18	0.69	5.49
3325_N_5_2	Brecha	60	5	2.62	182.28	30	20.0	20	15.5	9.11	47.31	0.19	0.71	5.68
3325_N_5_3	Dacita Aglomerada	78	2	2.65	128.2	39	50.0	20	16.25	6.41	65.83	0.26	0.99	7.90
3325_N_5_4	Brecha	55	4	2.62	54.75	27.5	25.0	20	15.5	2.74	45.37	0.18	0.68	5.44
3325_N_5_5	Brecha	90	2	2.62	179.05	45	50.0	20	15.5	8.95	69.73	0.28	1.05	8.37
3325_N_5_6	Cuarzo Quellaveco	55	4	2.63	194.53	27.5	25	20	15.75	9.73	48.99	0.20	0.73	5.88
3325_NO_5_11	Diorita	95	2	2.7	120.51	47.5	50.0	20	17.5	6.03	70.51	0.28	1.06	8.46
3325_NO_5_12	Diorita	45	4	2.7	190.21	22.5	25.0	20	17.5	9.51	47.26	0.19	0.71	5.67
3325_NO_5_13	Diorita	55	4	2.7	109.17	27.5	25.0	20	17.5	5.46	47.73	0.19	0.72	5.73
3325_NO_5_14	Diorita	25	6	2.7	68.62	12.5	16.7	20	17.5	3.43	35.05	0.14	0.53	4.21
3325_NO_5_15	Diorita	40	4	2.7	142.1	20	25.0	20	17.5	7.11	44.80	0.18	0.67	5.38
3325_NO_5_16	Diorita	45	4	2.7	157.97	22.5	25.0	20	17.5	7.90	46.45	0.19	0.70	5.57

BI Indice de Volabilidad de Lillys
FC Factor de Carga
FE Factor de Energia