

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Dimensionamiento del minado y elección del sostenimiento a través
de la calidad del macizo rocoso en Pan American Silver Huaron S.A.**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Jogan Elvis HINOSTROZA CRISTOBAL

Asesor:

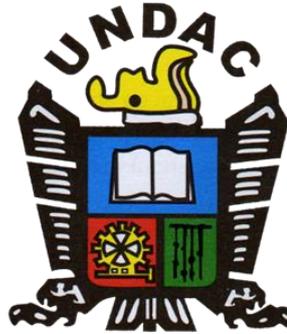
Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA

Cerro de Pasco – Perú – 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Dimensionamiento del minado y elección del sostenimiento a través
de la calidad del macizo rocoso en Pan American Silver Huaron S.A.**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA
PRESIDENTE

Mg. Teodoro Rodrigo SANTIAGO ALMERCÓ
MIEMBRO

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería de Minas



Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 006-2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Jogan Elvis, HINOSTROZA CRISTOBAL

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:
Tesis

Título del trabajo
“Dimensionamiento del Minado y Elección del Sostenimiento a Través de la Calidad del Macizo Rocosó en Pan American Silver Huarón S.A”

Asesor:

Ing. Julio César SANTIAGO RIVERA

Índice de Similitud: **5 %**

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 19 de abril de 2024.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

A mi madre Elsa por todo el apoyo que me
brindo en mi desarrollo personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme la vida, la fortaleza para afrontar los problemas y la sabiduría para poder superarlos y desarrollarme profesionalmente.

A la compañía minera Pan American Silver unidad Huaron, por permitirme complementar mis conocimientos y crecer profesionalmente.

A todos los colaboradores de la compañía minera Pan American Silver unidad Huaron por el apoyo y confianza que me brindaron en todo el tiempo que estuve.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación que tiene como título: “Dimensionamiento del Minado y Elección del Sostenimiento a Través de la Calidad del Macizo Rocoso en Pan American Silver Huaron S.A”. Indica como objetivo principal Determinar la calidad del macizo rocoso que ayude a dimensionar el minado y determinar el tipo de sostenimiento de las excavaciones en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A. La hipótesis principal fue: Determinando la calidad del macizo rocoso podremos dimensionar el minado y determinar el tipo de sostenimiento de las excavaciones en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A. Respecto a la metodología, la investigación realizada es de tipo aplicativo, con un diseño no experimental y la muestra escogida es el tajeo TJ640, nivel 100, zona Baja Norte. Finalizando la investigación, se han permitido realizar las conclusiones y recomendaciones respectivas

Palabras claves. Dimensionamiento de minado, Sostenimiento, Macizo rocoso

ABSTRACT

The title of this research work is: "Mining Sizing and Sustainability Choice through the Quality of the Rock Mass at Pan American Silver Huaron S.A." The main objective is to determine the quality of the rock mass that helps to size the mining and determine the type of support for the excavations in the Mining Company PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A. The main hypothesis was: By determining the quality of the rock mass we will be able to size the mining and determine the type of support for the excavations in the Mining Company PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A. Regarding the methodology, the research carried out is of an applicative type, with a non-experimental design and the sample chosen is the TJ640 pit, level 100, Baja Norte zone. Completing the investigation, the respective conclusions and recommendations have been made.

Keywords. Mining sizing, support, rock mass

INTRODUCCIÓN

Bien sabemos para poder contar con la estabilidad y la seguridad de las excavaciones se debe contar con elementos como esquemas, los dimensionamientos del minado además de la totalidad de los factores de la estructuración que regula al método elegido. Así mismo, el conocimiento del secuenciamiento y la subsidencia, así como las herramientas y equipamiento del diseño, todo ello en relación a los factores de estabilización del terreno a ser minado.

Es en este contexto se realizará el siguiente estudio y para ello se eligió a PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A, analizaremos el comportamiento del macizo rocoso de la mina para poder conocer su estabilidad lo que servirá para diseñar el dimensionamiento del minado y de las excavaciones y del diseño del sostenimiento a emplear.

En lo referido a la estructura del trabajo, se realizará por capítulos de la siguiente manera:

El capítulo I trata sobre el planteamiento del problema sobre la calidad del macizo rocoso que ayude a dimensionar el minado y determinar el tipo de sostenimiento de las excavaciones, abarcando el planteamiento del problema, Problema General y específicos, Objetivo general y específicos, justificación e importancia, hipótesis y descripción de las variables. Delimitación de la investigación y limitaciones.

El Capítulo II, se ocupa del Marco Teórico donde analizamos los antecedentes de la investigación sobre calidad del macizo rocoso y sostenimiento de las diferentes minas que se hallan operativas, también se analizará las diferentes bases teóricas propuestas por autores que mencionamos

Seguidamente, el Capítulo III, trata sobre la Metodología empleada, que contiene el método de investigación utilizado, el nivel y tipo de investigación, el diseño de la investigación, la población y muestra, las Técnicas e instrumentos de recolección de datos y el procesamiento de Datos.

En el Capítulo IV realizamos un análisis de los resultados que se presentaron durante la investigación y poder sacar las conclusiones de acuerdo a los objetivos.

Por último, presentamos las conclusiones y recomendaciones

También se indica las referencias bibliográficas de todos los autores utilizados para esta investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
ÍNDICE	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Planteamiento del Problema.....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
	1.2.1. Delimitación espacial	2
	1.2.2. Delimitación temporal	3
1.3.	Formulación del problema	3
	1.3.1. Problema General.....	3
	1.3.2. Problema Específicos	3
1.4.	Formulación de Objetivos.....	3
	1.4.1. Objetivo General.....	3
	1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5.	Justificación de la investigación.....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación	4

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio	5
------	-------------------------------	---

2.2.	Bases teóricas científicas	8
2.2.1.	Fundamentos de la geomecánica	8
2.2.2.	Control geomecánico	10
2.2.3.	Evaluación de estabilidad	12
2.2.4.	Simulaciones con Herramientas de Computo	14
2.2.5.	Zoneamiento geomecánico.....	15
2.2.6.	Monitoreo de la estabilización.....	18
2.2.7.	Instrumental geomecánico básico.....	19
2.2.8.	Variables geomecánicas.....	20
2.2.9.	Simulación y evaluación de variables geomecánicas.....	22
2.3.	Definición de términos conceptuales	24
2.4.	Enfoque filosófico - epistémico.....	27

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	30
3.2.	Nivel de investigación.....	30
3.3.	Características de la investigación	30
3.4.	Métodos de investigación	31
3.5.	Diseño de investigación.....	31
3.6.	Procedimiento del muestreo.....	31
3.6.1.	Muestra.....	31
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.7.1.	Técnicas	31
3.7.2.	Instrumentos.....	32
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	32
3.9.	Orientación ética	32

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Presentación, análisis e interpretación de resultados	33
4.1.1.	Aspectos generales de la Mina	33
4.1.2.	Descripción de los sistemas estructurales.	36
4.1.3.	Caracterización del macizo rocoso	48
4.1.4.	Dimensionamiento	52
4.1.5.	Explotación de taladros largos	53
4.1.6.	Explotación por corte y relleno ascendente.....	62
4.1.7.	Evaluación de la labor más profunda	67
4.2.	Discusión de resultados	79

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Auscultación geomecánica.....	12
Figura 2 Evaluación de la calidad geomecánica de la masa rocosa.....	13
Figura 3 Zonificación geomecánica integral	16
Figura 4 Zonificación geomecánica, tiempo de autoaporte y sostenimiento	17
Figura 5 Monitoreo Mediante Pruebas Pull Test - Anclajes Conjunto Hidráulico	18
Figura 6 Monitoreo de Puntos de Convergencia. Desarrollo del Proceso en función a Tiempos	19
Figura 7 Análisis de estabilidad de cuñas	23
Figura 8 Análisis de estabilidad tenso – deformacional	23
Figura 9 Ubicación de la Unidad Minera Huaron.....	34
Figura 10 Procedimiento de aplicación de la tabla GSI	49
Figura 11 Tabla geomecánica RMR.....	50
Figura 12 Características del macizo rocoso según GSI	50
Figura 13 Tipos de sostenimiento	51
Figura 14 Factor de esfuerzo “A” en la roca, para diferentes valores de	55
Figura 15 Orientación de la discontinuidad crítica con respecto a la superficie de la excavación	56
Figura 16 Factor de ajuste B.....	57
Figura 17 Factor de ajuste por gravedad C, para ciadas por gravedad y lajamientos	58
Figura 18 Factor de ajuste por gravedad C, para modos de falla por deslizamiento ..	59
Figura 19 Diseño de escenarios Método Taladros Largos	61
Figura 20 Tiempo de autoaporte 8 horas hasta una abertura de 6 m	64
Figura 21 Categoría de sostenimiento estimado es Shotcrete 2” más pernos Swellex 7’ sistemático, con base en el índice de calidad Q actual.....	65
Figura 22 Modelamiento en el corte inicial (Sub Nivel).....	66
Figura 23 Factores de seguridad en las cajas y corona de 1.3 indicando estabilidad en el corte superior del tajo	66

Figura 24 Plano de Ubicación de la rampa de profundización RA639 – NV100	67
Figura 25 Orientación de los sistemas de falla.....	68
Figura 26 Orientación de esfuerzos - travieso – NV100	69
Figura 27 Orientación de las labores con respecto a la dirección de esfuerzos	70
Figura 28 Esfuerzo mayor disipada en la labor actuando los esfuerzos menores (σ_2 y σ_3) sin generar deformación.....	70
Figura 29 Orientación de los esfuerzos con respecto veta travieso.....	71
Figura 30 Orientación de los esfuerzos con respecto rampa – Travieso	72
Figura 31 Estimación de K.....	73
Figura 32 Categoría de sostenimiento que se estima es Split Set sistematizado. Con base en el índice de calidad Q actualizado para la masa rocosa.....	74
Figura 33 La rampa RA639, NV100, presenta un FS=1.58 como mínimo alrededor de la corona (con sostenimiento).....	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables e indicadores.....	29
Tabla 2 Tipos de alteración U.M. Huaron.....	52
Tabla 3 Dimensionamiento de labores.....	52
Tabla 4 Análisis de dispersión RMR en la Unidad Minera Huaron 2022.....	60
Tabla 5 Parámetros Macizo Rocosos RMR U.M. Huaron.....	61
Tabla 6 Análisis Índice estabilidad e Mathews U.M. Huaron.....	62
Tabla 7 Estimación de k relación de esfuerzo horizontal al vertical.....	73

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

En las operaciones subterráneas que se aplican en entornos mineros como en obras civiles como construcción de túneles, para poder trabajar con eficiencia tienen que considerar en su diseño diversas circunstancias siendo una de ellas las características del cuerpo de rocas que viene a ser un factor muy importante para poder realizar los trabajos con seguridad, economía y mejores rendimientos.

Bien sabemos para poder contar con la estabilidad y la seguridad de las excavaciones se debe contar con elementos como los esquemas y los dimensionamientos del minado además de la totalidad de los factores de la estructuración que regula al método elegida. Así mismo, el conocimiento de la secuencia miento y la subsidencia, así como las herramientas y equipamiento del diseño, todo ello en relación a los factores de estabilización del terreno a ser minado.

En el marco de los jueves mineros que organiza el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú durante la presentación del Ingeniero Fortunato Ramírez en su exposición:

“Avances de la aplicación de la geomecánica en la minería peruana” nos refiere en sus palabras que la geomecánica: “facilita el conocimiento del cuerpo rocosos, en un primer momento con aproximación teórica y después mediante instrumentos específicos es posible realizar una elaboración de la manera en que se encuentra conformada en términos geométricos de las zonas destinadas a la explotación, y para ello es necesario un equipamiento adecuado para indagar el nivel de precisión elaborado previamente. En una etapa posterior consentiré a la producción se podrá obtener la información más precisa que permita ajustar el modelo debidamente. De esta manera el área operativa puede realizar las adecuaciones necesarias que permitan un rendimiento óptimo en las labores de explotación” (INSTITUTO DE INGENIEROS MINAS DEL PERU (IIMP), 2019)

Es en este contexto que se realizará el siguiente estudio y para ello se eligió a PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A, Empresa Minera que se halla ubicado en la localidad de Huayllay, en el área provincial de Pasco y departamental de Cerro de Pasco; analizaremos el comportamiento del macizo rocoso de la mina para poder conocer su estabilidad lo que servirá para diseñar el dimensionamiento del minado y de las excavaciones y del diseño del sostenimiento a emplear.

En el estudio que vamos a llevar a cabo, realizaremos un diagnóstico desde el aspecto de la geología económica, estructural, geomecánico; para poder determinar la caracterización geomecánica de la roca, el dimensionamiento del minado, el tipo de sostenimiento a aplicar.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

Este trabajo de tesis será aplicado en las operaciones de la empresa PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A que tiene operaciones mineras en la localidad de Huayllay, distrito que pertenece al ámbito provincial de Pasco y departamental de Cerro de Pasco

1.2.2. Delimitación temporal

Para poder abarcar y desarrollar debidamente este estudio de tesis se estima que será necesario un semestre de años 2022, en cuál comprende entre julio y diciembre.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General

¿Cuál será la calidad del macizo rocoso que ayude a dimensionar el minado y determinar el tipo de sostenimiento de las excavaciones en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON SA?

1.3.2. Problema Específicos

¿Cuáles deben ser el dimensionamiento del minado por taladros largos en relación a las características geomecánicas del macizo rocoso en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A?

¿Qué tipo de sostenimiento se debe seleccionar para las excavaciones que se realiza en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON SA?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar la calidad del macizo rocoso que ayude a dimensionar el minado y determinar el tipo de sostenimiento de las excavaciones en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A

1.4.2. Objetivos Específicos

Determinar el dimensionamiento del minado por taladros largos en relación a las características geomecánicas del macizo rocoso en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A

Determinar el tipo sostenimiento que se debe seleccionar para las excavaciones en relación a la calidad del macizo rocoso, en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A

1.5. Justificación de la investigación

Para poder realizar una adecuada evaluación de una zona destinada a la explotación minera es determinante elaborar un diagnóstico geomecánico de nivel profundo. De esta manera podremos definir con la mayor exactitud posible el mejor método de explotación que se debe aplicar al cuerpo de rocas destinado, con el factor de la rentabilidad como eje de la ejecución de las operaciones. Este diagnóstico debe abarcar la totalidad del diseño de la explotación en su conjunto.

Específicamente, al ejecutar este estudio nos permitirá conocer el comportamiento del macizo rocoso con lo cual será posible poder evitar aspectos negativos que puedan presentarse durante la explotación del cuerpo mineralizado como:

Evitar accidentes por caída de rocas, generar costos innecesarios producidos por mal sostenimiento de las labores, o accidentes, mala planificación del minado etc.

También contribuiremos a seleccionar adecuadamente el método de explotación y el tipo de sostenimiento de acuerdo a las condiciones geomecánicas de la roca, contar con una buena planificación del minado, velar por el cuidado de la vida humana al evitar que se produzcan accidentes trabajando con seguridad y aplicando criterios Geomecánicas.

Estos hechos refuerzan el carácter trascendente de este estudio de tesis.

1.6. Limitaciones de la investigación

Sobre los posibles factores limitantes que nos pudimos encontrar se deben mencionar el tiempo programado en la realización del estudio, la información que podemos contar la cual no es mucho. Referente a otros aspectos no tendremos inconvenientes porque contamos con el apoyo de la Compañía AMERICAN SILVER HUARON.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Dentro de los trabajos previos sobre este mes tema que pudimos seleccionar mencionamos los siguientes:

Antecedente uno

En la tesis “APLICACIÓN DE LA GEOMECÁNICA EN LOS FRENTES DE AVANCES DE CARBÓN PARA PREVENIR ACCIDENTES POR DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS EN LA CIA. MINERA REYNA CRISTINA – ANCASH” presentado por (FABIAN, GUERREO) el objetivo planteado fue: evitar accidentes por caída de rocas en las labores de carbón mediante la aplicación de la geomecánica.

Como conclusión planteo:

Se redujo los accidentes en las labores en un 70 % con la aplicación de la geomecánica, también se disminuyó los accidentes leves en un 53.9 %, en cuanto a los accidentes incapacitantes solo alcanzo un 20 % y los accidentes mortales se redujeron en un 100 %.

Antecedente dos

La tesis titulada “EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO PARA LA APLICACIÓN DEL SOSTENIMIENTO EN LA MINA

HÉRCULES – CIA MINERA LINCUNA S.A”. de (TACURI & TACURI, 2017) cuyo objetivo fue conocer las características geomecánicas de la roca en la mina Hércules; y sus conclusiones fueron:

La calidad del macizo rocoso en el nivel 4300 es en cuanto al RMR de 21 a 75 y un Q de 3 a 9; clasificándose como rocas de tipo I, II, III Y IV DE ACUERDO AL RMR y con el GSI tienen calidad de buena, regular, calidad mala

Según el diagnóstico geomecánico de los sectores destinados a la explotación se pudo determinar los métodos específicos para los sostenimientos: con pernos helicoidales, malla electrosoldada, shotcrete, cuadros de madera y pilares de madera

Las características del yacimiento son vetas, mantos de reemplazamiento, encontrándose en el volcánico Calipuy y las rocas encajonantes son tufos, brechas, rocas andesíticas, dacitas.

Antecedente tres

La tesis “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOMECÁNICA EN LA ESTABILIDAD SUBTERRÁNEA EN LA MINA HUANZALÁ PERIÓDO 2010-2011” de (BOJORQUEZ, 2019) plantea como objetivo plantear un modelo geomecánico destinado a la estabilización a nivel subterráneo en la minera Huanzala.

Como conclusiones plantea.

La automatización de acceso a la información sobre la estabilidad de las labores.

Con la información geológica, geomecánica se logró determinar el comportamiento del macizo rocoso y el tipo de sostenimiento y estos datos sirvieron para implementar la base de datos.

El modelo geomecánico ayudo al diseño y su implementación del sistema de información geomecánica de la mina.

Antecedente cuatro

La tesis “Caracterización geomecánica para evaluar el sostenimiento subterráneo de la mina Huantajalla U.P. Uchucchacua Compañía Minera Buenaventura S.A.A” de (LUCAS, 2019) su objetivo fue: buscar la estabilidad de las labores mediante la geomecánica y establecer el tipo de sostenimiento en la mina Huantajalla.

Como conclusión se planteó:

Los rendimientos de los pernos estuvieron dentro de lo esperado, debido a que los diámetros de los pernos fueron menores al de los taladros

Durante las pruebas de rendimiento de los pernos Split set ninguno de ellos sufrió rotura o deformación demostrando un rendimiento eficiente

El desplazamiento de los pernos durante las pruebas de rendimiento alcanzo en promedio de 15.89 mm en rocas tipo 3 con una resistencia de 6.63 tn.

El rendimiento de los pernos Split set en promedio fue de 1.27 tn/pie lo cual se encuentra dentro de los rangos establecidos.

Antecedente cinco

La tesis “APLICACIÓN DE MECÁNICA DE ROCAS PARA LA PEQUEÑA MINERÍA” de (FLORIAN, 2018) cuyo objetivo es el de evitar accidentes al contar con modelo de mecánica de rocas que pueda aplicarse a la pequeña minería chilena.

Como conclusiones se tiene:

Desde el punto de vista técnico en proyecto es factible a la pequeña minería, su implementación es accesible económicamente debido a que los equipos son fáciles de usar y de costos moderados.

Los riesgos presentes en las operaciones son controlados con la aplicación del proyecto.

Respecto a la responsabilidad social y ambiental al implementar el proyecto vemos que no se han generados conflictos con las comunidades aledañas y a la vez no se genera contaminación ambiental de parte de la minera.

Antecedente seis

La tesis “Evaluación geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento en tajeos de explotación por el método de corte y relleno ascendente Unidad Minera Yauricocha – Sociedad Minera Corona S. A.” de (SALAZAR, 2020) plantea como objetivo establecer los sostenimientos que deben aplicarse en las labores en función de la evaluación geomecánica.

Como conclusiones indica:

La valorización de la roca geo mecánicamente está considerado como roca buena clase II, en donde se puede emplear pernos Splitset de 3 metros, con un espaciamiento de 2.5 metros, además de shicrete y malla electrosoldada.

De acuerdo al estudio geomecanico al tipo de roca y sus características se determinó aplicar una explotación de corte y relleno ascendente.

Los costos determinados de los componentes de los sostenimientos para la mina fueron los siguientes pernos Split set 11.24 \$/unidad, malla electrosoldada 8 \$/m² y shotcrete 134.85 \$/m³.

Los rendimientos determinados fueron Split set 25 unidades/ guardia, 32 m² /guardia, shotcrete 4.98 m³/hora.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Fundamentos de la geomecánica

Concepto

Según el OSINERGMIN se puede definir como el campo teórico dentro de la ciencia mecánica de carácter aplicativo destinado al estudio de los posibles comportamientos de los cuerpos rocosos, como pueden ser la mecánica de rocas y macizos rocosos. Específicamente, se trata

de las respuestas que presenta un cuerpo de rocas ante las fuerzas a las que su entorno la somete. (OSINERGMIN, 2017)

Conceptualización de la geomecánica

Actualmente en operaciones mineras el rol de la técnica geomecánica es determinante, debido a que se trata de los soportes científicos de las actividades mineras contemporáneas. Específicamente, la geomecánica que se ejecuta en el ámbito minero se distingue de la aplicada en otras áreas por el uso del criterio: ***“vida de la operación”***

Los ámbitos de aplicación que encuentra la geomecánica minera tiene alcances en los factores de seguridad operativa, debido a que de ella depende el nivel de estabilización de las labores mineras en niveles subterráneos y en las excavaciones relacionadas a estas. (INSTITUTO GEOLOGICO Y MENERO DE ESPAÑA, 1990)

Beneficios de la geomecánica

Entre las aplicaciones de la geomecánica de mina podemos señalar distintos beneficios para operaciones específicas, obteniendo la siguiente información en beneficio de estas:

Por medio de este método podemos dar garantías para la realización de excavaciones seguras dentro de las labores mineras. Para ello se cuenta con el diagnóstico de las deformidades de la roca, así como la dinámica de tensión y presión presente en el cuerpo rocoso.

También definir los niveles máximos para las aperturas y el tiempo máximo que puede autoportar una excavación minera indistintamente de las que se ejecutaron o ejecutarán.

Permite determinar el grado de estabilización estructural que se puede controlar en trabajos de preparación explotación, mediante una

verificación en cada etapa de formaciones que muestre inestabilidad en cuñas y bloques.

Hace posible establecer la orientación más adecuada para las distintas labores mineras que se ejecutarán.

Hace posible un secuenciamiento adecuado de la explotación a niveles específicos y globales.

Hace posible establecer los niveles categoriales que deberá ser aplicados en el sostenimiento, considerando el tiempo de exposición para determinar los estándares de sostenimiento en las etapas de explotación y desarrollo.

Hace posible estandarizar la cantidad y el método de sostenimientos que se aplicarán específicamente a cada una de las operaciones en mina, de la misma forma para las labores de relleno.

Hace posible la selección y el diseño de nuevas alternativas y métodos para explotar otros sectores de la mina en el futuro, además de aplicar variaciones en el método que se está ejecutando.

Hace posible una correcta vigilancia de las operaciones que permita una verificación y validación de los escenarios asumidos en la etapa del modelamiento del minado. (INSTITUTO GEOLOGICO Y MENERO DE ESPAÑA, 1990)

2.2.2. Control geomecánico

Auscultación geomecánica

Este procedimiento de campo consiste en recolectar la información necesaria mediante el reconocimiento de las propiedades geomecánicas del grupo rocoso usando un método analítico - descriptivo que depende de cuan complejo es el estado inestabilidad.

Esta evaluación es el primer paso para establecer un análisis general de la estabilidad de las excavaciones subterráneas y/o

superficiales. La toma de información deberá ser recopilada conforme a los siguientes procedimientos. (BIENIAWSKI, 1989)

A) Mapeo por Celdas:

Se trata de la labor usual que consiste en levantar la información mediante un mapa en que registre rápidamente los comportamientos geomecánicos del cuerpo rocoso. Como método de diagnóstico resulta efectivo debido a que ofrece un nivel acertado en cuanto a las proyecciones del tiempo necesario para aplicar el sostenimiento. (BIENIAWSKI, 1989)

B) Mapeo por Línea de Detalle:

“Este tipo de Mapeo consiste en el registro muy específico en cuanto a los comportamientos estructurales y geomecánicos que puedan presentar una o varias discontinuidades que conformen una Línea de Acción. Es normal encontrar este procedimiento en proyectos que demandan evaluación de alta complejidad.” (BIENIAWSKI, 1989)

C) Mapeo por Arco Rebatido:

“En este caso el mapeo sirve para mostrar gráficamente y a nivel estructural del comportamiento del cuerpo rocoso bajo criterios geomecánicos determinados. Este tipo de mapeo es aplicado a obras de máxima envergadura donde los registros de información son cruciales para la ejecución de un proyecto” (BIENIAWSKI, 1989)

Figura 1 Auscultación geomecánica



2.2.3. Evaluación de estabilidad

Se trata de un examen que deriva de las evaluaciones y las interpretaciones que son parte la de Auscultación Geomecánica, cuyo apoyo se encuentra ubicado en la gestión de **Sistemas de Valoración de calidad de macizo rocoso**, determinado los niveles de inestabilidad presentes.

“principalmente los métodos para realizar clasificaciones de tipo geomecánico que más se usan en las operaciones peruanas son: el Sistema GSI, Sistema Q (Barton) y el Sistema RMR (Bieniawski).

La evaluación geomecánica estará apoyada, con la instrumentación, así como con los ensayos de laboratorio” (CORDOVA, 2006)

Figura 2 Evaluación de la calidad geomecánica de la masa rocosa

ESTIMACION DE LA CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO SISTEMAS RMR - SISTEMA Q				
SISTEMA RMR 89				
PARAMETROS		VALORES Y CARACTERISTICAS	VALUACION	
1	Resistencia a la Compresión Uniaxial de roca intacta	100 - 250 MPa	12	
2	RQD	50 - 75 %	13	
3	Espaciamiento de las Discontinuidades	20 - 6 cm	8	
4	Condición de Discontinuidades	* Persistencia	3 - 10 m	
		* Apertura	< 0.1 mm	
		* Rugosidad	Rugoso	
		* Relleno	Duro < 5 mm	
	* Intemperismo	Ligera	5	
5	Agua Subterránea	Seco	15	
6	Ajuste por Orientación de Estructuras	Desfavorable	-10	
RMR₈₉ Básico			69	
		Roca Tipo:	BUENA	
RMR₈₉ Ajustado			59	
		Roca Tipo:	REGULAR	
SISTEMA Q				
PARAMETROS		VARIABLES	CARACTERISTICAS DEL MACIZO	VALOR
1	RQD	RQD	Regular - Media	50
2	Número de Sistemas de Juntas	Jn	Tres familias	12
3	Número de Rugosidad de Juntas	Jr	Ondulosas, Rugosas	3
4	Número de Alteración de Juntas	Ja	Lig. Alterado	2
5	Factor de Reducción por agua en juntas	Jw	Secas	1,00
6	Factor de Reducción de Esfuerzos	SRF	Cobertura Media	1
Q'				6,25
		Roca Tipo:	REGULAR	
Q Ajustado				6,250
		Roca Tipo:	REGULAR	

Estabilidad estructuralmente controlada

Es la asociación entre el esquema geométrico tridimensional, en operaciones a nivel subterráneo que implican excavaciones, y las orientaciones que presentan en el espacio las discontinuidades ya sean principales o secundarias. Para de esa manera identificar factores debilitantes en los planos que pudieran ejercer una influencia directamente en el cuerpo rocoso.

A este esquema de estabilización se conoce como Estabilidad Estructuralmente Controlada - EEC.

Su funcionamiento consiste en la formación de bloques o cuñas en las secciones de los techos o en los laterales de la excavación cuando un plano de

debilidad se intercepte con otro, los que puede producir deslizamientos, rotaciones o bloques en suspensión. (CORDOVA, 2006)

La evaluación de la EEC, estará asociada directamente a una toma adecuada de información con relación a la dirección en que se encuentran orientadas espacialmente el sistema de discontinuidades que se encuentran en el sector a trabajar, influenciados por la orientación del eje de la excavación. Además de ello la EEC, deberá asociar las características geológicas y geomecánicas de la masa rocosa. (CORDOVA, 2006)

Estabilidad Estructuralmente Controlada

Labores de Explotación y Labores de Desarrollo

Para determinar la EEC de una zona de explotación [Tajeos], es necesario discretizar zonas de evaluación, afín de verificar el comportamiento real de la zona evaluada

Dicha discretización será ejecutará con relación a los lugares de toma de información del Tajeo, es decir, la evaluación deberá efectuarse en el material rocoso encajonado en los cabes de piso y techo y en el sector con mineralización.

En el caso de las labores de preparación la evaluación de la EEC, se realizará en forma unificada en el frente de avance respectivo. Para ello es importante tener una visualización adecuada en la toma de información respecto a los sistemas de discontinuidades presentes.

Es importante que en cada una de las evaluaciones geomecánicas, se discretice el análisis ante la presencia de diferentes dominios Geomecánicos. (CORDOVA, 2006)

2.2.4. Simulaciones con Herramientas de Computo

Actualmente, es posible complementar las evaluaciones y análisis de estabilización de cuñas y bloques mediante sistemas de computación especializados en análisis geomecánico. Estos programas tienen la facilidad de

ofrecer de manera gráfica a Información respectiva acerca de la estabilización del comportamiento del sector a evaluar. Para poder evaluar estas características del software incluye los criterios geológicos y yo mecánicos propios del para poder determinar el grado de estabilización que presenta la zona determinada.

Un factor determinante en el uso de estos sistemas informáticos con aplicaciones geo mecánicas es la verificación de elementos que pongan en riesgo la estabilidad de los sectores evaluados, identificando nivel de gravedad específica al considerar todos los factores que entran en el juego Como pueden ser las cuñas los bloques sus dimensiones específicas, la posibilidad y el tipo de colapsos, el sector vulnerable a una circunstancia inestabilidad.

En ese sentido, con la información recogida se puede elaborar un modela miento de las características geomecánicas encontradas, y a partir de ahí diseñar un sistema de sostenimiento adecuado tenga en cuenta medidas específicas para controlar la de las secciones con lo cual se pueda garantizar las condiciones de seguridad. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

2.2.5. Zoneamiento geomecánico

Es la evaluación a profundidad de la geomecánica estructural del cuerpo rocoso. Por este medio se puede tener información certera a nivel estructural sobre la caracterización y valor de la calidad de la masa rocosa, los niveles de estabilización que puede ser de controlados y la inestabilidad que presenta la zona y los riesgos expuestos en la evaluación.

Además, de este tipo de evaluaciones depende el perfil en términos de calidad y cantidad del modelado de las caras del yacimiento.

Cuando se determine la distribución geomecanica está Información podrá ser utilizada para la su aplicación en las labores mineras como parte de

las herramientas que son parte del diseño general de la explotación. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Un aspecto importante relacionado a la Zonificación Geomecánica es operaciones a nivel subterráneo es la visualización general del yacimiento y con ello permite reconocer con facilidad las zonas por sus características en cuanto a su calidad y los condicionamientos específicos que presenten cada uno de los curso rocas. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Figura 3 Zonificación geomecánica integral



Zonificación Geomecánica, evidenciando el tiempo de autoapoye y las medidas de sostenimiento a ser aplicadas para los controles de estabilidad

Figura 4 Zonificación geomecánica, tiempo de autosoporte y sostenimiento



Aplicación de la alternativa seleccionada

En esta etapa el rol de la supervisión durante la instalación de la alternativa o las alternativas de sostenimiento propuestas, marcan el paso decisivo del éxito o fracaso de la efectividad del soporte instalado.

La etapa de aplicación del sostenimiento, deberá seguirse minuciosamente determinando el carácter radiográfico de cada uno de los procedimientos de la solución asignada; de esta manera se lograrán ajustes de campo los que sumarán para la estandarización del soporte definitivo.

Es recomendable como primera etapa para la implementación de cualquier alternativa de sostenimiento, la ejecución de los test mine - Programas Piloto.

Los programas de capacitación y entrenamiento son básicos para que el personal operador ejecute efectivamente los diseños de soporte propuestos, no contribuyendo a la creación de condiciones inseguras en las zonas a estabilizar.

2.2.6. Monitoreo de la estabilización

“El monitoreo estará apoyado con: instrumentación, ensayos de campo y ensayos de laboratorio; así como el monitoreo a través de los softwares de estabilidad asociados a las fases del desarrollo minero”. (FLORES, 2001)

Dentro del marco de la Implementación del Área de Geomecánica de la Compañía Minera, la instrumentación constituirá la herramienta clave para las evaluaciones geomecánicas, con el objeto de tener un control adecuado de las inestabilidades presentes en el yacimiento.

De otro lado la instrumentación geomecánica deberá complementarse con la implementación de herramientas de cómputo: software Geomecánicos.

Ejemplo:

Ensayos de Capacidad de Carga - Pruebas Pull Tests. [Anclajes]

Medición de Puntos de Convergencia [Cintas extensométricas]

Mediciones de Niveles de Vibraciones [Sismógrafos]. (FLORES, 2001)

Figura 5 Monitoreo Mediante Pruebas Pull Test - Anclajes Conjunto Hidráulico

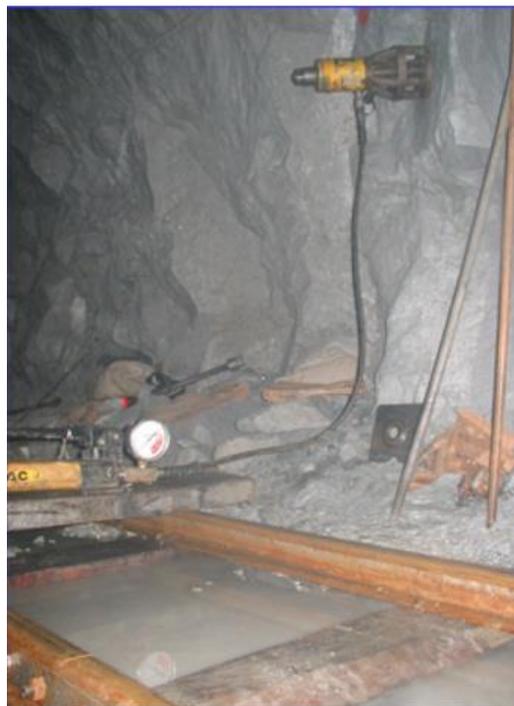


Figura 6 *Monitoreo de Puntos de Convergencia. Desarrollo del Proceso en función a Tiempos*



2.2.7. Instrumental geomecánico básico

Martillo Schmidt

“Con el uso de esta herramienta será posible la determinación in situ de la resistencia compresiva de la masa rocosa, tomando medidas en cuanto a la estabilidad de la zona, así como medidas en relación a las técnicas de perforación y voladura a ejecutarse”. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Cintas extensométricas

“Dicha herramienta nos permitirá conocer el grado de deformabilidad de la masa rocosa, permitiéndonos avizorar problemas de colapsos de las labores mineras. Asimismo, esta herramienta será clave para la detección de eventos geodinámicos que pudieran presentarse”. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Software Geomecánicos.

“**DIPS:** Análisis Estereográfico

UNWEDGE: Análisis de Estabilidad Estructuralmente Controlada

PHASES: Simulación Tenso – Deformacional” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

2.2.8. Variables geomecánicas

Operatividad de la zona inestable

Tiempo de Exposición:

“Parámetro asociado con el Planeamiento de Minado. Se deberá conocer específicamente la funcionalidad de la labor y los tiempos de vida útil que tendrá dicha excavación, así como su importancia de éstas en el ciclo productivo.

Para ello se deben tener claros los conceptos de labor: Permanente y Temporal.

En esta etapa los análisis costo - beneficio de las alternativas de elementos de sostenimiento son vitales para la maximización de resultados del diseño”. (FLORES, 2001)

Dimensionamiento:

“Vincula la evaluación del tamaño de las aberturas expuestas, producto del diseño minero, así como su nexos con aberturas vecinas” (FLORES, 2001)

Cuando se trate en labores de excavación abierta el rol del dimensionamiento es fundamental para poder elegir los distintos métodos de soporte que se propondrán, debido a que una amplitud mayor de las excavaciones implica considerar otros elementos externos.

En este caso, determinar correctamente un sistema de soporte supone considerar también el dimensionado de los distintos factores de sostenimiento que se propondrán, de la misma manera que la

maquinaria y el equipo que serán usados para las labores de instalación del sistema elegido.

Comparte de la preparación de estas labores se encuentra la evaluación de los equipos que operan en la empresa, específicamente si sus prestaciones se adecuan al sistema de soporte que se propone. De no ser este el caso, se deberá incluir en la propuesta del sistema de soporte la maquinaria específica que garantice este tipo de labores. (FLORES, 2001)

Factor de Seguridad [FS]

“Este aspecto comprende el desarrollo de evaluaciones y análisis de los distintos factores intervengan en las cuestiones relacionadas con la seguridad que debe ser implementada en todos los diseños de explotación minera de manera que se pueda garantizar operaciones seguras controlando la estabilización de las excavaciones.

En ese sentido, para poder determinar cada uno de los elementos que entran en juego en la seguridad se debe considerar dos aspectos, el tiempo de exposición de las operaciones en mina y la condición geomecánica de los emplazamientos que se opere.” (FLORES, 2001)

De esta manera, cuando una operación en mina demanda cierto nivel de seguridad se deberá considerar las distintas alternativas para el sostenimiento que cumplan esa demanda teniendo en cuenta un análisis y control de los aspectos referidos al dimensionamiento con la finalidad de evitar exceder inútilmente una prestación adecuada de método de soporte.

En esta etapa la aplicación de los programas de cómputo, **software Geomecánicos son vitales**, afín de conocer los niveles de factores de seguridad presentes en las zonas evaluadas, de esta forma

se tomarán las medidas de sostenimiento para compensar dichos valores in situ. (FLORES, 2001)

2.2.9. Simulación y evaluación de variables geomecánicas

Esta etapa constituye la interpretación de las etapas donde se identifican los factores de inestabilidad, operatividad de la zona con inestabilidad y análisis de las posibles soluciones, mediante el monitoreo con aplicación de programas de cómputo.

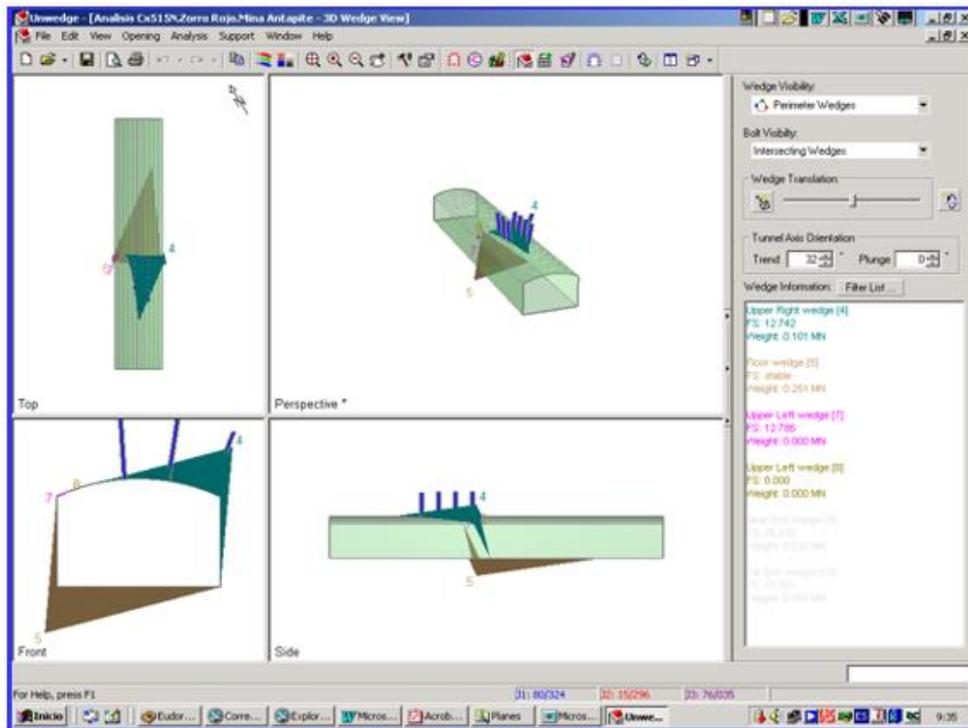
Esta etapa estará vinculada al análisis e interpretación de las variables seleccionadas con la ayuda del manejo de software Geomecánicos aplicativos, obedeciendo al control de la estabilidad minera.

La aplicación de herramientas de cómputo, asocian los factores de seguridad determinados en la fase de operatividad, simulando múltiples opciones de soporte más recomendadas para el control de las inestabilidades presentes.

Dicho análisis marca la base algorítmica para la determinación final de la alternativa o las alternativas de sostenimiento a aplicarse

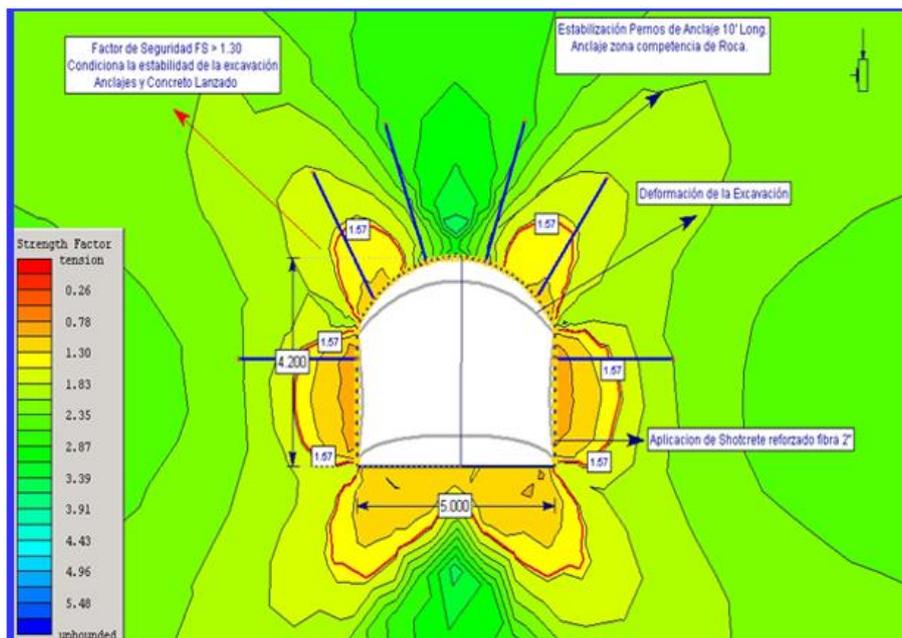
Posible aplicación de Software Geomecánico Unwedge - Estabilidad de Cuñas. Simulación de Múltiples sistemas de sostenimiento. Controles de Factores de Seguridad. (FLORES, 2001)

Figura 7 Análisis de estabilidad de cuñas



Aplicabilidad del Software Geomecánico Phases - Simulaciones tenso deformacionales. Simulación de múltiples alternativas de sostenimiento.

Figura 8 Análisis de estabilidad tenso – deformacional



2.3. Definición de términos conceptuales

Desate de rocas

Es la labor que previene uno de los accidentes con mayor incidencia en operaciones de minería a nivel subterráneo al producirse un desprendimiento de material rocoso que generalmente se encuentran en la sección superior o en las paredes laterales, es común encontrar este fenómeno en secciones astilladas de las excavaciones.

El desatado consiste en aflojar el material aprovechando las fracturas que el macizo presenta natural que son producen de los niveles de estrés del cuerpo rocoso y de los impactos de las voladuras. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Índice de calidad de roca RQD

Se trata de un sistema utilizando para calificar las condiciones de los suelos mediante la asignación de un porcentaje entre 0 y 100 donde se valora de nada competente hasta completamente competente.

Las mediciones consisten en identificar la cantidad de fracturas que presenta el cuerpo rocoso, así como la dirección en que se realiza la medida.

En términos de frecuencia los valores establecidos por este sistema son inversamente proporcionales a la cantidad de del número de fracturas. (BIENIAWSKI, 1989)

Índice GSI (Índice de Resistencia Geológica)

Es un método que sirve para establecer los niveles de resistencia geológica que caracteriza a los cuerpos de rocas. Los criterios que usa este método para realizar el diagnóstico de la roca son las condiciones que presenten las juntas en su superficie y las estructuras geológicas. En las labores en minas peruanas este método es muy utilizado debido a su fácil operatividad por parte de los operarios. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Factor de seguridad

Este elemento para medir los niveles de seguridad que establece una valoración como producto de la interacción entre fuerzas de resistencia y de acción, es decir entre la capacidad de la roca y la demanda de la excavación. (FLORIAN, 2018)

Modelo geomecánico

Se trata de la organización de la totalidad de elementos que entran en juego al momento de elaborar un diseño de minado subterráneo y de este modo debe reunir los criterios referidos al dimensionamiento de la excavación, el sistema de sostenimiento más efectivo, y los métodos de minado adecuados. Este término engloba los distintos aspectos que participan de la geomecánica del área a trabajar. (HOCK, BROWN, 1985)

Sistema Q

Este sistema es utilizado para clasificar los

Niveles de estabilización que presenten las excavaciones en relación al cuerpo de rocas donde se realicen. Su finalidad es ofrecer un diagnóstico de la roca en términos de calidad. Está compuesto por la interacción de seis criterios distintos e independientes. (Universidad Politécnica de Madrid, 2020)

Sistema RMR

“El Rock Mass Rating (RMR) fue propuesto y desarrollado por Bieniawski, consiste en clasificar un macizo rocoso dentro de un rango que abarca una puntuación de 0 a 100, de esta manera se puede establecer un nivel muy malo cuando resulte un valor de 0 y muy bueno para un valor de 100 para cada calidad de roca”. (BIENIAWSKI, 1989)

Sostenimiento

“Se trata de un método que se emplea en excavaciones de niveles subterráneos, generalmente su finalidad es generar un sistema de protección que pueda garantizar un control y mantenimiento de los niveles de estabilización

del área de operaciones, así como asegurar una circulación segura en las operaciones en el sector subterráneo. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Sostenimiento por Refuerzo

Los componentes utilizados para reforzar el cuerpo de rocas a nivel interno son lo que sirven como sistema de refuerzo del sostenimiento general. El principal elemento que es parte de este sistema es el perno de anclaje o bolt, por medio de su aplicación se logra la capacidad de refuerzo necesaria de la labor. (SANCHEZ, 2020)

Sostenimiento por Soporte

Se trata de los componentes utilizados para reforzar el cuerpo de rocas a nivel externo son lo que sirven como sistema de refuerzo del sostenimiento general. Entre los principales elementos que son parte de este sistema se encuentran los cuadros de madera, los arcos de acero y el concreto lanzado o shocrete y por medio de su aplicación se logra la capacidad de refuerzo necesaria de la labor. (SANCHEZ, 2020)

Propiedades de roca intacta

Entre estas características del material rocoso sin alterar podemos encontrar los distintos tipos de resistencia como: prueba triaxial, al corte, a la tracción y a la compresión simple. Así mismo, también son parte de este conjunto los distintos tipos de elasticidad, la relación de Poisson y en modulo. Por otra parte, las propiedades a nivel físico como son el peso por unidad, la humedad, la porosidad, la capacidad de absorción y la densidad.

Todos estos criterios se encuentran bajo un valor estándar regulado por: American Society for Testing and Materials (ASTM) y por ISRM (FLORES, 2001)

Zoneamiento Geomecánico,

Es la evaluación a profundidad de la geomecanica estructural del cuerpo rocoso. Por este medio se puede tener información certera a nivel estructural

sobre la caracterización y valor de la calidad de la masa rocosa, los niveles de estabilización que puede ser de controlados y la inestabilidad que presenta la zona y los riesgos expuestos en la evaluación.

Además, de este tipo de evaluaciones depende el perfil en términos de calidad y cantidad del modelado de las caras del yacimiento.

Formulación de la hipótesis

Hipótesis General

Determinando la calidad del macizo rocoso podremos dimensionar el minado y determinar el tipo de sostenimiento de las excavaciones en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A

Hipótesis específicas

Hipótesis específica a

Determinando las características geomecánicas del macizo rocoso podremos dimensionar el minado por taladros largos, en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A

Hipótesis específica b

Determinando la calidad del macizo rocoso podremos seleccionar el tipo sostenimiento que se empleara, en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A

2.4. Enfoque filosófico - epistémico

Calidad del macizo rocoso

Dimensionamiento del minado

Tipos de sostenimiento

Variables para la hipótesis específicas

Variable específica a

Características geomecánicas del macizo rocoso

Dimensionamiento del minado

Variable específica b

Calidad del macizo rocoso

Tipos de sostenimiento

Tabla 1 Operacionalización de variables e indicadores

OPERACIONALIZACION DE VARIABLES E INDICADORES				
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCION	INDICADORES
<p>3.5.1 Variables para la hipótesis general Calidad del macizo rocoso Dimensionamiento del minado Tipos de sostenimiento</p> <p>3.5.2 Variables para la hipótesis específicas Variable específica a Características geomecánicas del macizo rocoso Dimensionamiento del minado Variable específica b Calidad del macizo rocoso Tipos de sostenimiento</p>	<p>-Geomecánica "Ciencia teórica y aplicada del comportamiento mecánico de la roca y de los macizos rocosos; esto es, aquella rama de la mecánica que trata con la respuesta de la roca y de los macizos rocosos al campo de fuerzas de su entorno físico" (OSINERGMIN,, 2017)</p> <p>-Sostenimiento "El sostenimiento en excavaciones subterráneas tiene la finalidad de asegurar, controlar y mantener la estabilidad de éstas, a fin de proporcionar condiciones seguras de trabajo y brindar acceso a las labores subterráneas" (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)</p> <p>-Dimensionamiento: "Vincula la evaluación del tamaño de las aberturas expuestas, producto del diseño minero, así como su nexo con aberturas vecinas" (FLORES, 2001)</p>	<p>En la investigación vamos a ver aspectos sobre: la calidad del macizo rocoso que ayude a dimensionar el minado y determinar el tipo de sostenimiento de las excavaciones en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A</p>	<p>-Caracterización del macizo rocoso -Dimensionamiento -Sostenimiento</p>	<p>-Tipo de roca -Tipo de labor -Explotación taladros largos -Índice de estabilidad -Parámetros Geomecánicos</p>

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

Referente al tipo de investigación levaremos una investigación aplicada ya que aplicaremos los conocimientos de geomecánica de rocas para determinar el dimensionamiento y tipo de sostenimiento en las labores de la mina Huaron, como dice “pone el énfasis de la acción en los posibles resultados concretos que significara poner en la práctica las teorizaciones en general y enfoca sus esfuerzos en dar solución a lo que se plantean como necesario para las sociedades y sus habitantes.” (BAENA, 2017)

3.2. Nivel de investigación

El nivel será explicativo como manifiesta el Dr. Supo en “su finalidad es explicar el comportamiento de un problema en función de otro(s); aquí se plantea una relación de causa a efecto” (SUPO, CAVERO, 2014)

3.3. Características de la investigación

Este planteamiento se servirá en nuestra investigación del método científico en relación al método específico deductivo como dice en su enunciado “Esta manera de establecer sistemas de razonamientos consiste en elaborar conclusiones generales con el fin de alcanzar explicaciones a nivel particular.

3.4. Métodos de investigación

El método en su etapa inicial comienza con la evaluación de los principios, leyes teoremas y postulados básicos y de aplicación general que cuenten con un valor ampliamente compartido con la finalidad de utilizar su aplicación en aspectos particulares buscando soluciones específicas.” (TAMAYO Y TAMAYO, 2003)

3.5. Diseño de investigación

En este caso se optará por una propuesta que no requiera ser experimental debido a que este tipo de trabajos pueden ser realizados sin realizar una manipulación de variables deliberadamente, en cambio prima la observación del fenómeno marcado por sus características intrínsecas que deberán ser analizadas.” (HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, 2014)

3.6. Procedimiento del muestreo

En esta investigación se ha tomado como conjunto poblacional a todos los cuerpos mineralizados (vetas, cuerpos) de la mina donde se tiene labores como galerías, rampas, subniveles cruceros, by pass, ventanas, cámaras y los métodos de explotación.

3.6.1. Muestra

Como muestra se ha escogido el tajeo TJ640, nivel 100, zona Baja Norte

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Técnicas

En cuanto a la técnica o métodos que emplearemos se ha considerado lo siguiente:

- Observación directa
- Revisión documental
- Sistema GSI (GEOLOGICAL STRENGTH INDEX)
- Método grafico de estabilidad

3.7.2. Instrumentos

Los instrumentos que usaremos son:

- Guías, fichas
- Fichas, reportes
- Cartilla geomecánicas
- Planos de zonificación geomecánica
- Herramientas gráficas y computacionales

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Al término de los trabajos de campo y habiendo recabado la información necesaria para alcanzar los objetivos procedemos a analizar y ver los resultados.

Para lo cual se ha tenido que analizar los siguientes elementos:

- Evaluación de la geología económica
- Evaluación de la geología estructural
- Análisis de la caracterización del macizo rocoso
- Proceso de dimensionamiento
- Tipos de sostenimiento de acuerdo al método de explotación
- Resultados y conclusiones

3.9. Orientación ética

El hecho de realizar la investigación y el de usar conocimientos generados por la ciencia nos obliga a poder usar o tener conductas éticas.

Teniendo en cuenta este aspecto nuestra investigación se realizará en base a la veracidad, a la honestidad, a la transparencia, sumiendo nuestra responsabilidad como profesionales; además respetando los derechos de las personas, instituciones.

Bajo estos principios desarrollaremos la investigación.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Aspectos generales de la Mina

Ubicación de la mina

Las operaciones mineras de Huaron se ubican en la localidad de Huayllay, que es un distrito que pertenece a la municipalidad provincial Pasco, y departamentalmente a Cerro de Pasco. En términos geográficos podemos localizarla a una altitud de 4540 msnm, en el sector Este de Los Andes Occidentales específicamente en ocupa las coordenadas geográficas: 11°00' latitud sur y 76°25' longitud Oeste

Accesibilidad

Para poder llegar al sitio de las operaciones de HUARON podemos tomar dos vías que acceso, ambas son por carretera.

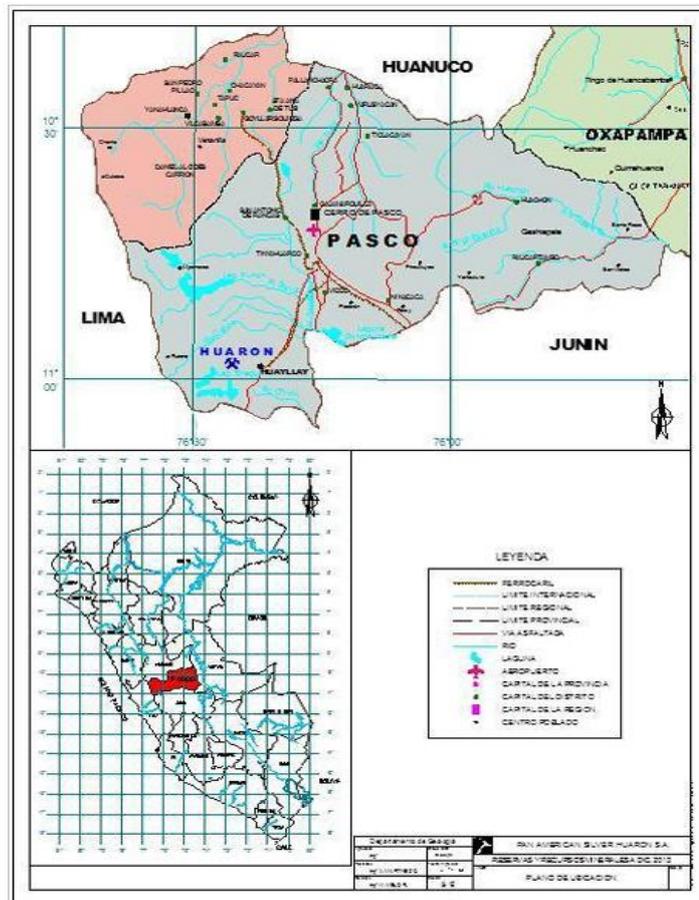
La primera vía en dirección a HUARON parte de la ciudad de lima con destino a la ciudad de la Oroya, para después tomar la vía hacia la local de Unish y posteriormente hacia la unidad Huaron. El estado de esta vía se encuentra en condiciones de funcionamiento normal, debido a que se aprovecha la carretera central en la mayor parte del trayecto,

razón por la cual no habrá ningún inconveniente al momento de acceder desde lima hacia huaron.

La segunda de acceso en dirección a HUARON parte de la ciudad de lima con dirección a localidad de canta y en seguida se toma la carretera con destino a HUARON.

El estado de esta vía es parcialmente adecuado para un tránsito continuo debido a que solo la tercera parte del trayecto se encuentra en condiciones de asfaltado unos 75 kilómetros desde lima hasta la localidad de Santa Rosa de Quives, luego de lo cual continúa una vía afirmada hasta HUARON. Debido a estas condiciones esta segunda vía no presenta mucho tránsito por su falta de acondicionamiento.

Figura 9 Ubicación de la Unidad Minera Huaron



Características de la mineralización

Las operaciones de Huaron se concentra sobretodo en extraer cobre, plomo, zinc, y Plata como parte de su producción.

En términos de mineralización el yacimiento lo conforman principalmente un compuesto de cobres grises tetraedrita-tenantita, calcopirita-enargita, galena y esfarelita que conforman el material mineral de mena con una presencia mayor. Por el lado del material mineral de ganga podemos encontrar cuarzos, alabandita, manganocalcita, rodonita y rodocrosita.

Estructuras mineralizadas del yacimiento

Estructuralmente el yacimiento de Huaron presenta las siguientes formaciones: Cuerpos Bolsonados, Mantos y Vetas.

Cuerpos, estas estructuras requieren un trabajo a base de un método mecanizado altamente productivo. Generalmente están ubicadas en los entrecruzamientos de veras con estratos de arenisca calcárea y conglomerados los cuales originan diseminados y re emplazamientos respectivamente. Así mismo, se encuentra en vetas en forma de stockwork.

También existe la presencia poco reconocida de material en los contactos intrusivoarenisca de forma stockwork.

Mantos, estructuralmente se trata de formaciones de buzamiento bajo, generalmente se encuentran en anticlinal en la sección oeste. Por sus niveles de potencia es posible realizar la mecanización de ciertos sectores.

Vetas, son formaciones que se comúnmente se presentan en las secciones fracturadas por tensiones a manera de tubos. El nivel de su potencia puede alcanzar hasta los 10 metros.

En este caso se puede apreciar dos sistemas de vetas marcadamente diferentes el EW y NS. En cuanto a la posibilidad de su mecanización está se encuentra sujeta a la dimensión de su ancho.

Mantos, se trata de formaciones con niveles de buzamientos relativamente bajos, generalmente están ubicados en el sector oeste de la anticlinal. En cuanto a la posibilidad de su mecanización está se encuentra sujeta al nivel de su potencia la que permite hacerlo en determinados sectores.

4.1.2. Descripción de los sistemas estructurales.

Estructura alianza

El sistema de estructuras Alianza, está compuesto principalmente y estructuralmente por la Veta Alianza y por las subestructuras o ramales: Uno, Treinta y nueve, Teresa, Nueve de Agosto, Dos y Cuarto.

La orientación que presentan en mayor medida estas eructarás es de rumbo E W, con una dirección Norte de buzamiento.

Veta alianza

El rumbo estructural es de 80° NW y 72 NE de

Buzamiento. Además, presenta 2.11mts de potencia y con leyes en los siguientes niveles: Zn 4.77%, Pb 1.30%, Cu 0.54%, y GrAg 169.

La mineralización de compuestos está conformada por óxidos como ganga, pirita, enargita como mena y cuarzo, tetrahedrita, esfalerita y galena.

El material rocoso encajado se encuentra alterado hidrotermalmente magrosamente que está compuesto por piritización y epidotización de aproximadamente 40 metros.

Ocupa una orientación vertical entre el nivel superficial y el nivel 180 abarcado 500 mts de longitud y una orientación horizontal que

alcanza a aproximarse a las vetas San Narciso y Llacsacocha al oeste y al este respectivamente con 800 mts de longitud.

Desde el Nv. 500 hasta superficie ha sido explotada casi por completo, entre el Nv. 500 y Nv. 400 se ha reconocido con sondajes y explotado algunos tramos pequeños. También se ha explotado entre el Nv. 320 y Nv.

250 la parte central de la veta en una longitud de 80 metros. En la actualidad se está desarrollando y preparando en el nivel 180.

Estructura caprichosa

Estructuralmente estas formaciones incluyen es su sistema de influencia a la veta caprichosa y a los ramales Sharon y San Pedro. En estos cuerpos predominaba los rumbos NS y en dirección Oeste esta su buzamiento.

Veta Caprichosa

Presenta un rumbo estructural de N 5° W, además 30 SW de buzamiento. Con 1.24 de nivel de potencia y material mineral de ley en los siguientes porcentajes: Zn 3.24%, Pb 2.45%, Cu 0.12%, y GrAg 325.

La mineralización de compuestos está conformada por calcita, rodonita, esfalerita como mena y pirita, y galena, manganocalcita, rodocrosita y cuarzo como ganga.

El material rocoso encajado se encuentra alterado hidrotermalmente magrosamente que está compuesto por piritización y halo de epidotización.

Ocupa una orientación vertical entre el nivel 600 y el nivel 500 abarcado 100 mts de longitud y una orientación horizontal que alcanza a aproximarse a las vetas Yanacreston y Travieso al norte y al sur respectivamente con 400 mts de longitud.

Desde el Nv. 500 hasta el nivel 600 presenta una explotación de forma parcial, por los que se encuentran pendientes de definición las zonas restantes de ese sector.

Estructura constancia

Estructuralmente estas formaciones incluyen es su sistema de influencia a la veta Constancia y a los ramales Yanamina y Elena. En estos cuerpos predomina lo rumbos NS y se evidencia en dirección este su buzamiento.

Veta constancia

Presenta un rumbo estructural de N 22° W, además 72 NE de buzamiento. Con 1.53 mts de nivel de potencia y material mineral de ley en los siguientes porcentajes: Zn 4.86%, Pb 2.08%, Cu 0.16%, y GrAg 142.

La mineralización de compuestos está conformada por calcita como ganga, marcasita en bandas de cuarzos hialino y gris, galena como mena y pirita, esfalerita y marmatita.

El material rocoso intrusivo encajado se encuentra alterado hidrotermalmente está orientado en dirección NS y compuesto por halo de alteración filica y argílica.

Ocupa una orientación vertical entre el nivel 600 y el nivel 180 abarcado 440 mts de longitud y una orientación horizontal que alcanza a aproximarse a las vetas Patrick y Travieso al norte y al sur respectivamente con 700 mts de longitud.

Desde el Nv. 600 hasta el nivel 420 presenta una explotación de forma parcial, por lo que se encuentran pendientes de definición geológica las zonas restantes de ese sector. Así mismo en el nivel 180 se implementan labores de preparación y desarrollo.

Estructura fastidiosa

Estructuralmente estas formaciones incluyen es su sistema de influencia a la veta Fastidiosa y a los ramales Fastidiosa 1, 2, 3, 4, Travieso, Santo Tomas, Roxana, Katy y Juanita, además del Manto Tamara.

En estos cuerpos predomina los rumbos NS y en dirección Oeste su buzamiento.

Veta fastidiosa

Presenta un rumbo estructural de NS 22°, además 35 NE de buzamiento. Con 1.70 mts de nivel de potencia y material mineral de ley en los siguientes porcentajes: Zn 2.59%, Pb 2.51%, Cu 0.33%, y GrAg 235.

La mineralización de compuestos está conformada por dolomita como ganga, rodonita, calcita, proustita-pirargirita como mena y rodocrosita, marmatita, piritita, tetraedrita, galena y esfalerita.

El material rocoso magroso encajado se encuentra alterado hidrotermalmente está orientado en dirección NS y compuesto por halo con epidotización y piritización.

Estructuralmente podría tener un comportamiento de falla inversa, concordante con la estratificación del flanco Oeste del anticlinal y además podría tener reactivaciones por observación de superposición de texturas de reemplazamiento y de relleno en el campo.

Ocupa una orientación vertical entre el nivel superficial y el nivel 250 abarcado 500 mts de longitud y una orientación horizontal que alcanza a aproximarse a las vetas Patrick y Travieso al norte y al sur respectivamente con 800 mts de longitud.

Desde el Nv. 600 hasta el nivel 459 presenta una explotación bastante completa, entre el nivel 450 y el nivel 250 presenta una

explotación parcial y se pueden encontrar ramales no relacionados a nivel geológico.

Estructura gavia

Estructuralmente estas formaciones incluyen en su sistema de influencia a la Veta Gavia y a los ramales Cometa y Cometa 1, además de los cuerpos Labor y Labor Este, también los Ramales Ochentayuno y Ochentayuno Este y Providencia. En estos cuerpos predominan los rumbos EW y en dirección Oeste su buzamiento.

Veta gavia

Presenta un rumbo estructural de N 70 E, además 80 NE de buzamiento. Con 1.38 mts de nivel de potencia y material mineral de ley en los siguientes porcentajes: Zn 4.71%, Pb 2.72%, Cu 0.48%, y GrAg 233.

La mineralización de sus compuestos está conformada por pirita como ganga, calcita, rodocrosita, cuarzo y galena como mena y rodonita, esfalerita, freibergita y tetraedrita. El material rocoso magroso encajado se encuentra alterado por factores hidrotérmicos y está compuesto por halo con silicificación. y argilización de 10 metros.

Ocupa una orientación vertical entre el nivel superficial y el nivel 180 abarcado 460 mts de longitud y una orientación horizontal que alcanza a aproximarse a la veta San Narciso al Este y en la dirección oeste con la estructura Surprise Ramal con 280 mts de longitud.

Desde el nivel superficial hasta el nivel 250 presenta una explotación total, aunque aún quedan secciones aisladas entre los niveles 600 y 250. En la actualidad se realiza el trabajo previo de explotaciones entre los niveles 250 y 180.

Estructura Llacsacocha

Estructuralmente estas formaciones incluyen en su sistema de influencia a la Veta LLacsacocha y a los ramales LLacsacocha Sur, LLacsacocha Sur 1, Llacsacocha 1 y Productora. En estos cuerpos predominan los rumbos NE y en dirección SW su buzamiento.

LLacsacocha norte ramal

Presenta un rumbo estructural de N 54 E, además 80 SW de buzamiento. Con 2.46 mts de nivel de potencia y material mineral de ley en los siguientes porcentajes: Zn 3.20%, Pb 0.47%, Cu 0.29%, y GrAg 157. La mineralización de compuestos está conformada por Tetraedrita como mena y Cuarzo, Pirita, Limonita como ganga. Galena y Esfalerita. El material rocoso magroso encajado se encuentra alterado por factores hidrotérmicos y está orientado en dirección NS y compuesto por halo con alteración argílica.

Estructuralmente se caracteriza por formar sigmoides extensos con Llacsacocha Sur Ramal, al parecer con idénticos valores de mineral.

Reconocido verticalmente en forma parcial a partir del nivel superficial hasta el Nv. 250 con un alcance de 400 m. y en orientación horizontal se ubica entre la Veta Travieso al Suroeste y la Veta Pozo D hacia el Noreste, con una longitud de 1200 m. Actualmente está siendo explotada en el Nv. 420 y Nv. 250 al extremo NE;

Estructura ochentaycinco

El sistema estructural Ochentaycinco se ubica cerca al límite de propiedad entre Compañía Minera Quiruvilca, Unidad Huaron y Compañía Minera Volcán, Unidad Chungar. Ha sido poco explorada en el pasado y actualmente nuestras operaciones accesibles están a 300 metros de distancia. Está conformado por la estructura Veta

Ochentaycinco y la estructura Rosita Ramal. En este caso predomina el rumbo con un buzamiento orientado hacia el Norte.

Veta ochentaycinco

Presenta un rumbo estructural de N 82 W, además 75 NW de buzamiento. Con 0.99 mts de nivel de potencia y material mineral de ley en los siguientes porcentajes: Zn 1.88%, Pb 3.11%, Cu 0.04%, y GrAg 316.

La mineralización de sus compuestos está conformada por carbonatos como ganga, galena como mena y tetraedrita. El material rocoso magroso encajado se encuentra alterado por factores hidrotérmicos y está compuesto por halo con silicificación.

Ocupa una orientación vertical entre niveles 500 y 600 abarcado 100 mts de longitud y una orientación horizontal que alcanza a aproximarse a la zona del intrusivo a la cual atraviesa con una longitud de 100 metros. Ha sido explotado en forma mínima.

Estructura Patrick

Estructuralmente este cuerpo lo componen las estructuras Veta Patrick y por los Cuerpo Margarita, Cuerpo Sara, Danitza Ramal, Farallón Ramal, July Ramal, Margarita Ramal, Maritza Ramal, Martin Ramal, Mily Ramal, Paola Ramal, Patricia Ramal, Patrick Ramal, Roque Ramal, Roque Ramal 1, Rosa Ramal y Totee Ramal. Su rumbo predominante es EW y una marcada orientación hacia el sur en su buzamiento.

Veta Patrick

Presenta un rumbo estructural de N 75 E, además 76 SE de buzamiento. Con 1.37 mts de nivel de potencia y material mineral de ley en los siguientes porcentajes: Zn 6.74%, Pb 2.85%, Cu 0.09%, y GrAg 203.

La mineralización de sus compuestos está conformada por siderita como ganga, calcita, cuarzo, rodocrosita, marcasita, tetraedrita como mena y pirita, galena argentífera y esfalerita.

El material rocoso magroso encajado con propiedades areniscosas se encuentra alterado por factores hidrotérmicos y está compuesto por halo de alteración con débil silicificación, moderada argilización, intensa epidotización-piritización.

Estructuralmente es importante por tener ramales que al alcanzar los horizontes de conglomerado forman reemplazamientos económicos de mineral.

Reconocido verticalmente en forma parcial desde superficie al Nv. 250 presenta una extensión de 450 metros y orientación horizontal está reconocido con una extensión de 800 metros. A partir del Nv. 600 a Nv. 340 ha sido explotado completamente.

Estructura pozo d

Comprende la Veta Pozo D y las estructuras Cuerpo Pozo D, Sevilla Ramal, Sevilla Ramal Este, Miluska Ramal, Cuerpo Pozo D Ramal Sur, Veta Pozo D Ramal Sur y Veta Pozo D Ramal Norte.

Veta pozo d

Presenta un rumbo estructural de S 80 E, además 76 NE de buzamiento. Con 3.19 mts de nivel de potencia y material mineral de ley en los siguientes porcentajes: Zn 3.14%, Pb 1.17%, Cu 0.18%, y GrAg 207.

La mineralización de sus compuestos está conformada por limonita como ganga, pirita, tetraedrita como mena y cuarzo, esfalerita y galena. El material rocoso magroso encajado se encuentra alterado por factores hidrotérmicos y está compuesto por un halo de alteración argílica.

Ocupa una orientación vertical parcialmente reconocida entre el nivel superficial y el nivel 180 abarcado 330 mts de longitud y una orientación horizontal que alcanza a los 800 mts de longitud.

A partir del nivel superficial hasta el Nv. 250 presenta una explotación parcialmente, con lo cual queda sectores in situ entre en Nv. 370 y Nv. 320, actualmente se está preparando labores entre estos niveles, las cuales entraran en explotación durante este año.

Estructura san narciso

Estructuralmente este cuerpo está compuesto por las formaciones Veta San Narciso y por los cuerpos ramales: Lorena, Mariana, Mariana 1, San Narciso, San Narciso 1, San Narciso 20, Sheyla, Surprise, Surprise 1, Surprise 2, Viviana, Yadira y La China. Son predominantemente de rumbo NS y buzamiento hacia el Oeste

Veta san narciso

Presenta un rumbo estructural de N 12 W, además 45 SW de buzamiento. Con 2.67 mts de nivel de potencia y material mineral de ley en los siguientes porcentajes: Zn 3.24%, Pb 0.84%, Cu 0.69%, y GrAg 250.

La mineralización de sus compuestos está conformada por cuarzo y rodonita como ganga, calcita, plata roja como mena y piritita, tetraedrita, galena y esfalerita.

El material rocoso magroso encajado se encuentra alterado por factores hidrotérmicos y está compuesto por un halo de silicificación.

Ocupa una orientación vertical parcialmente reconocida entre el nivel superficial y el nivel 180 con labores dispersas que abarcan 400 mts de longitud y una orientación horizontal que alcanza a aproximarse a la zona estructural de la Veta Travieso al Norte y la estructura Labor Ramal hacia el sur, con 800 mts de longitud.

A partir del nivel superficial hasta el Nv. 250 presenta una explotación parcialmente, actualmente presenta labores de explotación entre los niveles 250 y 180.

Veta Shiusha Warren

Shiusha Warren está compuesta por los cuerpos Veta Shiusha Warren y por las formaciones Bernabé Ramal, Cuerpo Angélica, Cuerpo Rey, Rey Ramal, Shiusha Ramal, Shiusha Ramal C, Shiusha Ramal Sur, Shiusha Ramal Sur Piso. En estos cuerpos predomina el rumbo EW y una orientación Norte en su buzamiento.

Veta Shiusha Warren

Presenta un rumbo estructural de N 73 W, además 82 NE de buzamiento. Con 2.69 mts de nivel de potencia y material mineral de ley en los siguientes porcentajes: Zn 3.25%, Pb 0.78%, Cu 0.19%, y GrAg 198.

La mineralización de sus compuestos está conformada por cuarzo y rodonita como ganga, calcita, plata roja como mena y piritita, tetraedrita, galena y esfalerita. El material rocoso magroso encajado se encuentra alterado por factores hidrotérmicos y está compuesto por un halo de silicificación.

Ocupa una orientación vertical parcialmente reconocida entre el nivel superficial y el nivel 250 abarcado 500 mts de longitud y una orientación horizontal que alcanza a las estructuras Cuerpo Pozo D hacia el Este y el intrusivo NS hacia el Oeste, alcanzando los 1000 metros de longitud.

A partir del nivel 250 hasta el nivel superficial presenta una explotación completa hacia el extremo Oeste, actualmente se está explotando hacia el extremo Este entre el Nv. 320 al Nv. 450.

Estructura tapada

Estructuralmente este cuerpo está compuesto por las formaciones Veta Tapada y por los cuerpos ramales: Consuelo, Santa Rita, Nueve, San Francisco, San Francisco 1. Estos cuerpos son predominantemente de rumbo EW y una orientación Oeste de buzamiento.

Veta tapada

Presenta un rumbo estructural de S 80 W, además 78 NW de buzamiento. Con 2.20 mts de nivel de potencia y material mineral de ley en los siguientes porcentajes: Zn 2.55%, Pb 1.19%, Cu 1.28%, y GrAg 329. La mineralización de sus compuestos está conformada por pirita como ganga. cuarzo, calcita. rodonita galena como mena, esfalerita diseminada. calcopirita freibergita y tetraedrita. El material rocoso magroso encajado se encuentra alterado por factores hidrotérmicos y está compuesto por un halo de argilización.

Ocupa una orientación vertical parcialmente reconocida entre el nivel superficial y el nivel 180 abarcado 700 mts de longitud y una orientación horizontal que alcanza 1250 metros de longitud.

A partir del nivel 250 hasta el nivel superficial presenta una explotación parcial, actualmente se está explotando entre el Nv. 180 y Nv. 250 al extremo Este y Oeste, de igual forma se está realizando laboreo hacia el extremo Oeste.

Se tiene una zona de veta angosta (< 0.80 m) hacia el extremo Oeste y hacia el Este (> 1.5 m). Se ha realizado exploración con perforación diamantina debajo del Nv 180, en la parte central de la veta, no dando buenos resultados, hacia el Oeste los resultados fueron positivos, otra opción de exploración es en la columna Este pasando la veta LLacsacocha, desde superficie hasta el Nv.180.

Estructura Travieso

Estructuralmente este cuerpo está compuesto por las formaciones Veta Travieso. Este cuerpo es predominantemente de rumbo EW y con una orientación norte de buzamiento.

Veta Travieso

Presenta un rumbo estructural de S 75 W, además 75 NW de buzamiento. Con 3.06 mts de nivel de potencia y material mineral de ley en los siguientes porcentajes: Zn 0.78%, Pb 0.29%, Cu 4.13%, y GrAg 162. La mineralización de sus compuestos está conformada por calcita como ganga, rodocrosita, pirita, enargita y chalcopirita como mena y cuarzo, esfalerita, tetraedrita. El material rocoso magroso encajado se encuentra alterado por factores hidrotérmicos y está compuesto por un halo de silicificación y epidotización-piritización.

Ocupa una orientación vertical parcialmente reconocida entre el nivel superficial y el nivel 180 abarcado 500 mts de longitud y en una orientación horizontal alcanza al cuerpo Veta Llacsacocha en su orientación Oeste con 500 mts de longitud.

A partir del Nv. 230 hasta el nivel superficial superficie presenta una explotación completamente acabada entre los años 1912 y 1950, se caracteriza por tener altos valores de cobre (Enargita), actualmente se está explotando entre los Nv. 180 y Nv.110 hacia el extremo Este.

Estructura Yanacrestón

Estructuralmente este cuerpo está compuesto por las formaciones eta Yanacreston y por los cuerpos ramales: Anita, Cuerpo Lucero, Lucero, 94, 95,8, San Pedro, 102, San Pedro 5 EW, San Pedro 5 NS, San Pedro 6, San Pedro 8, 64, 76, Ximena, Yanacreston, Yanacreston 1. Estos cuerpos son predominantemente de rumbo EW y con una orientación sur de buzamiento.

Veta Yanacreston

Presenta un rumbo estructural de N 85 W, además 80 NE de buzamiento. Con 1.89 mts de nivel de potencia y material mineral de ley en los siguientes porcentajes: Zn 4.79%, Pb 1.27%, Cu 0.40%, y GrAg 158.

La mineralización de sus compuestos está conformada por calcita como ganga, rodocrosita, pirita, enargita y chalcopirita como mena y cuarzo, esfalerita y tetraedrita. El material rocoso magroso encajado se encuentra alterado por factores hidrotérmicos y está compuesto por un halo de silicificación y epidotización-piritización.

Ocupa una orientación vertical desde el nivel superficial y el nivel 420 abarcado 250mts de longitud y en una orientación horizontal alcanza a los cuerpos de las Vetas Llacsacocha y Fastidiosa al Este y al Oeste respectivamente con 500 mts de longitud.

A partir del Nv. 500 hasta el nivel superficial presenta una explotación parcial, con lo cual presenta grandes zonas in situ que deben definirse geológicamente. Se está trabajando actualmente entre los niveles 370 – 320 en el extremo Este.

4.1.3. Caracterización del macizo rocoso

Para elaborar el perfil de este cuerpo rocoso se optará por ejecutarlo a través de la técnica de mapeo geotécnico GEOLOGY STRENGHT INDEX Ó GSI SIMPLIFICADO,

método de clasificación geomecánica que a través de la identificación de los parámetros de condición superficial (Resistencia al golpe de martillo) y condición estructural (Grado de fracturamiento por metro lineal) ha permitido identificar la caracterización del macizo rocoso en Unidad Minera Huaron.

Para la identificación de la Fortificación Minera a emplear de acuerdo con el tipo de sección de diseño el cual varía desde 1.5 a 20m, se ha elaborado cartillas geomecánicas.

Figura 10 Procedimiento de aplicación de la tabla GSI

PROCEDIMIENTO DE APLICACIÓN DE LA TABLA GSI

El desprendimiento de roca se evita colocando el soporte adecuado en el momento oportuno. Pan American Silver Huarón S.A. practica y ejecuta de acuerdo a nuestra legislación, Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional D.S. 024-2016-EM, Art. 213 el principio de "Labor Avanzada, Labor Sostenida".

El Método Simplificado GSI (Índice Geotécnico de Resistencia) es un método de Evaluación Geomecánica que a partir de dos parámetros: Condición Estructural (Número de fracturas por metro lineal) y Condición Superficial (Resistencia al golpe) aplicando el método de Arco Resaca (Hastilce y Corona) se determina de manera práctica el sostenimiento a ser empleado.

PROCEDIMIENTO:

1. Practicar ABC MINERO: Ventilación, regado y desate de rocas.
2. Identificar Tipo de labor (permanente o temporal):
 - Identificar la sección de labor.
3. Identificación de los sistemas de discontinuidades dominantes in-situ.

Parámetro: Condición estructural.

 - Extender el Pezómetro y/o Cinta Métrica (1.0m) en forma lineal y enumerar las fracturas que intersectan en un metro lineal.

Parámetro: Condición Superficial.

 - Evaluación de la resistencia al Golpe de Martillo de Geólogo y/o baretila identificando el número de golpes en el cual se provoca el fracturamiento de la matriz rocosa, además de identificar las condiciones de abertura, rugosidad, relleno y alteración (se recomienda identificar la intersección de 02 a 03 planos de discontinuidad para el golpe de resistencia).
4. En la Tabla Geomecánica:
 - Al lado izquierdo se ubica el parámetro de CONDICIÓN ESTRUCTURAL, el cual en dirección hacia la parte inferior el Número de Fracturas incrementa hasta alcanzar la denominación de "Intensamente Fracturado"; seleccionar la celda que se adecua o asemeja al resultado obtenido en el ítem n.° 04 y trazar una línea horizontal imaginaria.
 - En la parte superior y a la derecha se ubica el parámetro de CONDICIÓN SUPERFICIAL, en dirección hacia la derecha el grado de resistencia por efectos de golpe de picota se degrada hasta la denominación de "Se incide profundamente"; seleccionar la celda que se adecua o asemeja al resultado obtenido en el ítem n.° 05 y trazar una línea vertical imaginaria.
 - La intersección de las dos líneas imaginarias nos identifica la celda con la clasificación GSI obtenida (EJ. MFIR, LFR, IFMP, etc.) y el color de la celda nos identifica el Tipo de sostenimiento a emplear; los colores están codificados desde el Tipo II hasta el Tipo V.
 - De ubicar en la Celda dos colores, la selección del Tipo de color, dependerá de la penalidad por Factores Influyentes, degradando siempre hacia el lado derecho.
5. La descripción del sostenimiento a emplear se encuentra ubicada en la parte central de la Tabla Geomecánica.

Definiciones:

TIPOS DE LABOR:

1. Labor Permanente (Mayor a 1 año): Denominase a Rampas, Cruceos, Chimeneas, By Pass, Comares, etc.
2. Labor Temporal (Menor a 1 año): Denominase a Sub-Nivel, Ventanas, Galerías, Tajeos de exploración, By Pass de extracción y otros.

Figura 13 Tipos de sostenimiento

TIPOS DE SOSTENIMIENTO	
 <p>PERNO DE ANCLAJE</p> <ul style="list-style-type: none"> • CAPACIDAD DE CARGA: 6.8k a 7 Tm/m² (De acuerdo a Spm 30-metro) • 2 DE RESERVA: 10.5 Tm/m² 	 <p>MORTERO</p> <ul style="list-style-type: none"> • CAPACIDAD DE CARGA: 2.5 Tm/m²
 <p>MALLA ELECTROSOLDADA</p> <ul style="list-style-type: none"> • CAPACIDAD DE CARGA: 0.5 Tm/m² 	 <p>PERNO DE INYECCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • CAPACIDAD DE CARGA: 0.5 Tm/m² • 2 DE RESERVA: 1.0 Tm/m²
 <p>TUMBADOR</p> <ul style="list-style-type: none"> • CAPACIDAD DE CARGA: 0.5 Tm/m² 	 <p>PERNO DE INYECCIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> • CAPACIDAD DE CARGA: 0.5 Tm/m² (De acuerdo a Spm 30-metro) • 2 DE RESERVA: 1.0 Tm/m²

FACTORES INFLUYENTES

<p>SIN FACTORES INFLUYENTES</p> 	<p>CON FACTORES INFLUYENTES</p> 
---	---

FLUJO DE AGUA
 LABORES CERCANAS
 VOLADURA DEFICIENTE
 PRESENCIA DE FALLAS
 ZONA DE INTERSECCIONES

CONSIDERACIONES PARA EL SOSTENIMIENTO

- 1.- Labores especiales:**
El sostenimiento de Cámaras DCH, Cámaras PDB, Subestaciones, Cámaras de Bombeo, Polvorín, Refugio minero, Comedor, Zonas de Intersecciones y otras labores de orden especial. Deberán ser sostenidas de acuerdo a la evaluación geomecánica, que involucre usar la presente tabla y necesariamente otra metodología de evaluación.
- 2.- Longitud del perno a usar:**
Los pernos a usar deberán ser de 7 pies de longitud.
- 3.- Uso de Cable Bolting:**
Este elemento de sostenimiento se puede recomendar como elemento de refuerzo, en las diversas calidades de macizo rocoso, cuando se presenta alguna infraestructura principal, excavaciones grandes y otras, esto debe ser previa evaluación geomecánica.
- 4.- Sostenimiento Pesado:**
Shotcrete 2" + Malla + Pernos + Shotcrete 1".
- 5.- Pre-sostenimiento con Spiling:**
El pre-sostenimiento estará compuesto de pernos de 7' en la corona con una inclinación de 30° en forma de arco.

Restricciones:

1. NO iniciar la instalación del sostenimiento sin haber decatado.
2. NO acumular taladros para instalación de pernos.
3. NO instalar pernos con orientación paralela al plano de discontinuidad de las fracturas.
4. NO lanzar Shotcrete sobre mallas cargadas de fragmentos de rocas.
5. NO Lanzar Shotcrete a una distancia mayor a 1.50m, frente con carga, falta de decatado de rocas y presión de aire menor a 4 bares.

**TODO SOSTENIMIENTO ES HASTA EL TOPE DE LA LABOR
APLICANDO EL PRINCIPIO DE "LABOR AVANZADA, LABOR SOSTENIDA"**

El método que propone una zonificación del cuerpo de rocas mediante una disposición lineal hace posible identificar las zonas que presenten una caracterización estructural y mecánica similar. Esto se debe a que la validez del resultado y su análisis, así como el criterio de diseño estará sujeta al perfil mecánico y físico que presenta los cuerpos rocosos similares.

En ese sentido para zonificar e identificar la matriz rocosa se presenta en tres estándares Geomecánicos con una diferencia marcada. El primer estándar presenta un tipo de roca de calidad regular Tipo III (RMR 41 – 60) esta

se encuentra relacionada a las labores puntuales de desarrollo y profundización como rampas y cruceros de desarrollo el cual representa 10%. El segundo estándar presenta un tipo de roca de calidad Mala (RMR 21 – 40) esta se encuentra relacionada a las labores puntuales de explotación y preparación como by pass, ventanas, subniveles, galerías y rampas de batido de acceso a la estructura mineralizada representado un 65%. El tercer estándar presenta un tipo de roca de calidad Muy Mala (RMR 15- 20) que se encuentra relacionada a las labores puntuales de explotación y preparación como subniveles y galerías representado por estructuras mineralizadas muy alteradas por agentes físicos y químicos representado un 25%.

Tabla 2 *Tipos de alteración U.M. Huaron*

CLASIFICACION RMR	TIPO DE ALTERACION
REGULAR III-A	PROPILITICA (EPIDOTA, CLORITA, POTASICA)
REGULAR III-B	PROPILITICA, SILICEA, CUARZO SERICITA
MALA IV	ARGILICA, CARBONATOS
MUY MALA V	ARGILICA

4.1.4. Dimensionamiento

El laboreo minero de la unidad minera Huaron se encuentra diseñado de acuerdo con el cuadro que se presenta a continuación:

Tabla 3 *Dimensionamiento de labores*

TIPO DE LABOR	SECCION
Rampas, subnivel, galería, cruceros	3.5 m x 3.8 m
By pass y ventanas	3.0 m x 3.5 m 2.0 m x 3.0 m
Rampas de profundización	4.0 m x 4.2 m 4.5 m x 4.5 m
Cámaras diamantinas y de carguío	5.0 m x 6.0 m

4.1.5. Explotación de taladros largos

Para el dimensionamiento de las labores de taladros largos se determinó ejecutar el “Método Gráfico de Estabilidad” que permite garantizar que el cuerpo rocoso conserve su capacidad de estabilización al ser sometido a los distintos esfuerzos como parte de las labores.

En “Método Gráfico de Estabilidad” tuvo un proceso de desarrollo en el que intervinieron en distintas fases Potvin (1988), Potvin y Mine (1992) y Nickson (1992), todos ellos partieron de lo elaborado previamente en 1981 por Mathews.

Actualmente, este método es una versión que recoge el diagnóstico de alrededor de 350 experiencias del sector minero canadiense en operaciones a nivel subterráneo.

Entre los factores determinantes que se tiene en consideración se encuentran para poder elaborar un diseño de tajeo con parámetros óptimos y que permita estimar el nivel de estabilización para tajeos que no cuenten con sistemas de sostenimiento, y para los que si cuentan con este sistema además de poder establecer el grado de inestabilidad se encuentran: la características de la excavación en términos de orientación, forma y tamaño; la presencia y nivel de esfuerzos en la zona de excavación, además de informaciones estructuralmente precisas acerca de los niveles de resistencia que presenta el cuerpo rocoso.

En resumen, para implementar este método al momento de diseñar el tajeo es determinante tener en consideración dos criterios fundamentales que se identifican por los valores: N' y S.

N es el valor que se asigna a la estabilidad que se modificará, por medio de este valor se puede establecer el nivel de estabilización que representa el macizo rocoso en condiciones determinadas de esfuerzo.

S es el valor que se asigna al radio en términos hidráulicos y que considera la forma del tajo y su tamaño.

El factor de estabilización N' está definido por:

$$N' = Q' \times A \times B \times C$$

Donde

C: es el factor de ajuste gravitacional

B: es el factor de ajuste por orientación de las juntas

A: es el factor de esfuerzo en la roca

Q': es el Índice de Calidad Tunelera Q modificado

El índice de calidad tunelera modificado Q'

Este valor se calcula tomando como referencia el resultado de mapear estructuralmente el cuerpo rocoso. Este procedimiento es similar al que se dispone para clasificar el tipo de cuerpo rocoso NGI (Barton et.al., 1974) estándar. Pero a diferencia de este procedimiento en el de calidad tunelera se fija en 1.00 el factor de reducción de esfuerzos SRF. Aunque este método no fue probado en entornos con presencia de inundaciones subterráneas de nivel significativo se asigna un valor 1.0 al factor de reducción por agua en juntas.

$$Q = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a} \cdot \frac{J_w}{SRF}$$

RQD	Índice de calidad de la roca
J _n	número de familias
J _r	coeficiente de rugosidad de la junta
J _a	coeficiente de alteración de la junta
J _w	coeficiente reductor por la presencia de agua
SRF	factor reductor por tensiones en el macizo rocoso

Partiendo de un mapeo geomecánico se registró los datos para utilizarlos en el cálculo del índice de calidad tunelera modificado Q', como se puede observar a continuación:

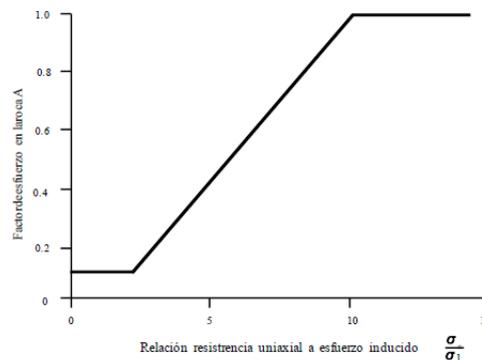
$$Q' = \frac{RQD}{J_n} \cdot \frac{J_r}{J_a}$$

El factor de esfuerzo en la roca "A"

Este factor es el reflejo del esfuerzo que actúa directamente en las caras libres del tajo que se abren en sectores profundos. Para ello es necesario determinar el nivel de resistencia a la compresión en condiciones que no presenten confinamiento de la roca intacta " σ_C ". Por otro lado, el esfuerzo que actúa paralelamente a la cara que se expone del tajeo está determinado por: " σ_1 ". Así mismo, El factor de esfuerzo en la roca "A", se determinará para riendo de la siguiente proporción σ_C/σ_1 que viene a ser la el nivel que puede resistir una roca intacta a la compresión inducida que se encuentre en el borde de la abertura:

Figura 14 Factor de esfuerzo "A" en la roca, para deferentes valores de

Para: $\sigma_C/\sigma_1 < 2$: $A = 0.1$
Para: $2 < \sigma_C/\sigma_1 < 10$: $A = 0.1125 (\sigma_C/\sigma_1) - 0.125$
Para: $\sigma_C/\sigma_1 > 10$: $A = 1.0$

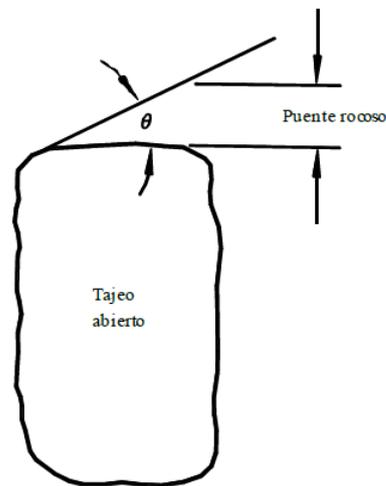


El factor de ajuste por orientación de los sistemas de discontinuidades "B"

Por medio de este criterio se toma en consideración estructuralmente las discontinuidades en relación al nivel de estabilización que presenta la cara del tajeo. Es común encontrar a niveles estructurales fallamientos controlados que se ubican en el recorrido de las discontinuidades críticas, y su característica más resaltante es el ángulo que se forma cuando se produce el encuentro a nivel de superficie libre. A partir de la evaluación de las dimensiones de este ángulo y si

se encuentra dentro del área de discontinuidad y su presencia superficial sea pequeña es posible establecer el nivel de estabilización que presentará el puente de rocas.

Figura 15 Orientación de la discontinuidad crítica con respecto a la superficie de la excavación

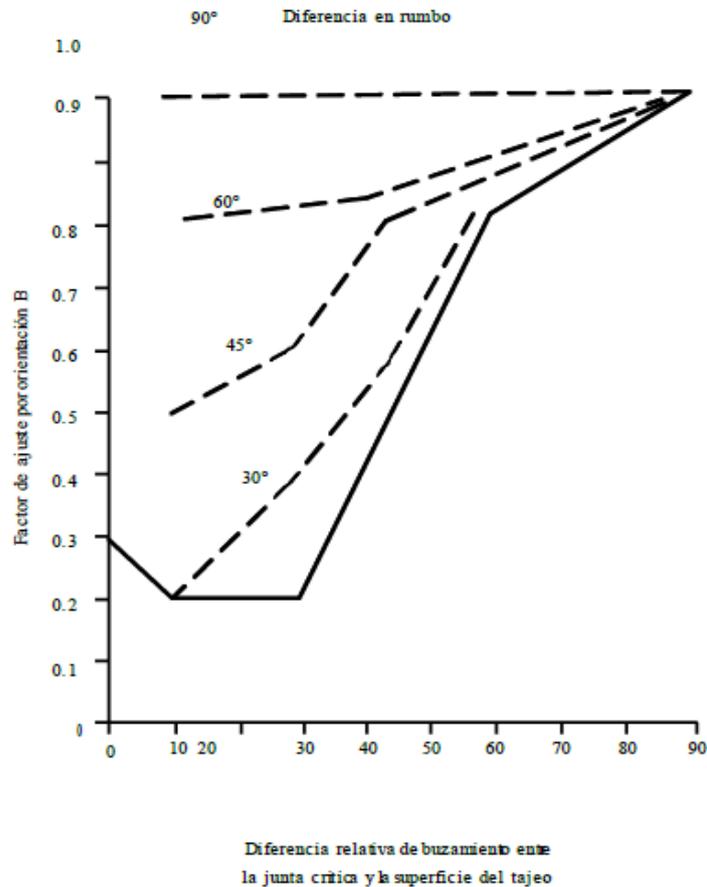


Lo que nos muestra el gráfico son las consecuencias que presenta un bloque de material diaclasado que actúe como una losa o una viga sobre la forma que en se incrementa los niveles de resistencia a medida que el ángulo θ se encuentra en la proximidad de 0.

Ahora bien, también se puede apreciar la manera en que las discontinuidades de carácter crítico ejercen su influencia en las condiciones de estabilización de la superficie excavada debido a que está resulta ser más alta cuando la orientación del rumbo, en este caso paralelo, y en sentido contrario cuando el rumbo presenta una orientación perpendicular de los planos, de esta manera se puede apreciar cuán determinan resulta dicha influencia.

Por otra parte, el factor B se encuentra determinado por la relación entre las orientaciones de las discontinuidades críticas y cada uno de las secciones frontales del tajeo expresado como la diferencia entre ambos. A continuación se muestra dicho esquema:

Figura 16 Factor de ajuste B



El factor ajuste por el efecto de la gravedad 'C'

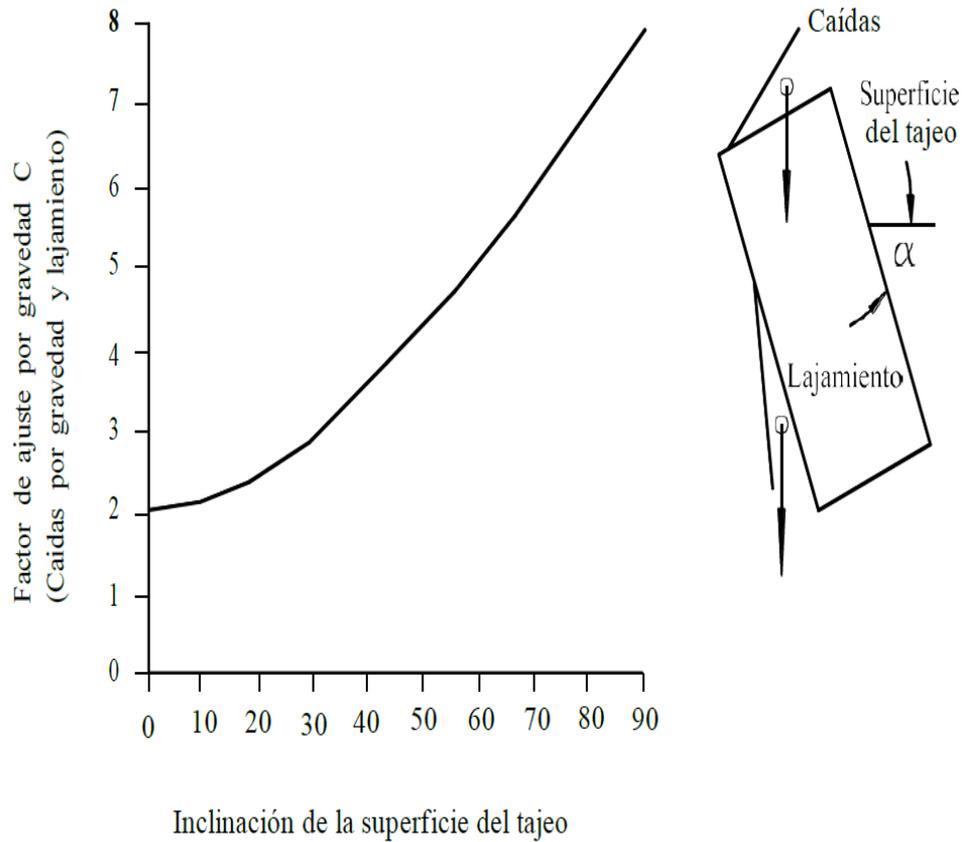
La acción de la fuerza de gravedad puede provocar desprendimientos del terreno en las secciones laterales por deslizamiento de material o lajamiento del mismo. Así mismo, también se puede producir desprendimientos en la sección del techo.

En este contexto, Potvin (1988), propuso que el fallamiento que proviene por efecto de la gravedad y por el fenómeno de lajamientos está sujeto necesariamente al nivel de inclinación que presenta el tajeo en su superficie: α

En el caso del factor C, este se puede calcular mediante la siguiente fórmula $C = 8 - 6 \cos \alpha$ que se determina basándose en un esquema general de relaciones como se muestra en el diagrama que se presenta a continuación.

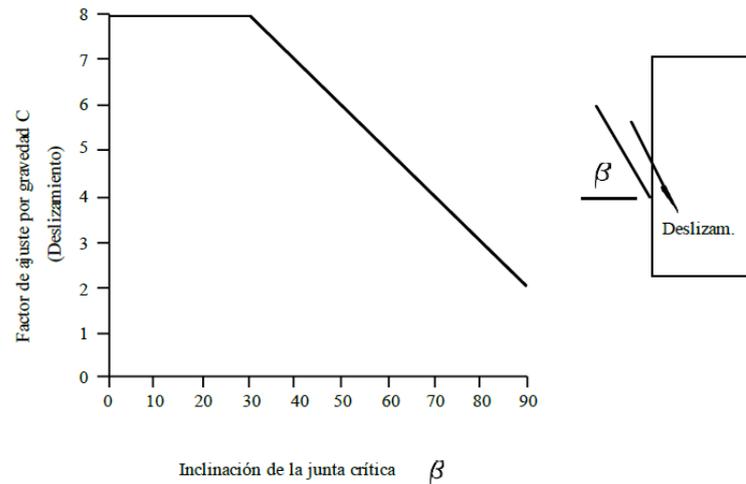
Específicamente, se trata de un factor que puede alcanzar valores máximos de 8 en secciones verticales y valores mínimos de 2 en secciones horizontales de los rajéis como son los techos: σ .

Figura 17 Factor de ajuste por gravedad C , para caídas por gravedad y lajamientos



Estas fallas producto de deslizamientos se deben a el factor de inclinación β que presenten las discontinuidades críticas, y el factor c de ajuste, se muestra en el diagrama siguiente:

Figura 18 Factor de ajuste por gravedad C , para modos de falla por deslizamiento



El factor de forma o radio hidráulico r_h ,

Cuando se consideran las superficies de un tajeo determinado este factor se obtendrá como resultado de dividir el área de la sección transversal de la superficie y su perímetro.

$$RH = \frac{Area}{Perimetro}$$

Al emplear como valores del nivel de estabilización N' , y la dimensión radial hidráulica S , se puede estimar que la estabilización de un tajeo partiendo de su Gráfico de Estabilidad.

La clasificación de los parámetros del macizo rocoso es resultado de la evaluación de la condición estructural como producto de la evaluación geomecánica, a través de la obtención del registro de información por el método de clasificación de Bieniaski Rock Mass Rating, usualmente denominada como RMR; a partir de analizar e interpretar los datos se ha desarrollado una tendencia de isovalores de acuerdo a la clasificación geomecánica obtenida del macizo rocoso de Unidad Minera Huarón.

Tabla 4 Análisis de dispersión RMR en la Unidad Minera Huaron 2022

Zona	Estructura	Litología	Buz (°)	RMR (C.Piso)	RMR (C.Techo)	RMR (Veta)	UCS C.Piso (Mpa)	UCS C.Techo (Mpa)	UCS Ore (Mpa)
Sur	Tapada	Mrg	75	33	31	22	40	38	20
	San Narciso	Mrg	80	34	29	23	39	38	21
	Gavia	Mrg	85	51	48	38	62	60	42
	Providencia	Mrg	80	53	47	37	63	58	48
	Labor	Mrg	80	52	49	40	63	69	50
	Mariana	Mrg	75	41	42	36	40	35	40
	San francisco	Mrg	70	35	29	26	36	33	28
Norte	Veta Pozo D	Mrg	75	36	38	32	35	33	25
	Cuerpo Pozo D	Int	75	32	33	25	20	20	15
	Llacsacocha	Mrg	80	42	43	39	51	51	40
	Bernabe	Mrg	65	43	41	42	62	60	55
	Rey	Mrg	80	52	50	48	70	69	69
	Juanita	Mrg	70	42	40	39	65	55	40
	Alianza	Int	77	39	31	25	35	36	22
	Travieso	Mrg	75	29	38	21	35	38	15
	Constancia	Int	73	46	41	34	75	70	40
	Productora	Mrg	75	42	43	39	60	65	50
	Teresa Ramal	Mrg	77	40	39	35	43	45	40
	Veta Pozo D Ramal Norte	Mrg	75	40	40	37	41	41	42
Norte 500	Constancia	Int	74	42	40	39	60	55	40
	Alianza	Mrg	77	42	43	38	61	60	42
	Lesly Ramal	Mrg	75	41	42	39	59	62	42
	Llacsacocha	Mrg	75	41	40	39	55	45	40
	Shiusha Ramal Sur	Mrg	77	38	39	36	40	50	40

 Roca Mala (RMR 21-40)	 Resistencia 25 - 50 Mpa
 Roca Regular III B (41-50)	 Resistencia 51 - 100 Mpa
 Roca Regular III A (51-60)	 Resistencia < 25 Mpa

Como se observa líneas arriba se puede concluir que 56 % corresponde a calidad de Roca Mala RMR (21-40) como índice de frecuencia y 31% corresponde a una calidad de Roca Regular RMR (41-50), observados con mayor frecuencia en la roca encajonante como son caja techo y piso de las estructuras evaluadas.

Los parámetros de roca obtenidos como resultante del ingreso de los datos al software Rock Data de acuerdo con la evaluación geomecánica, son los mostrados a continuación:

Tabla 5 *Parámetros Macizo Rocoso RMR U.M. Huaron*

RMR	Type Roca	H (m)	UCS (Mpa)	GSI	mi	D	mb	s	a	σ (Mpa)	δ (MN/m3)	c (Mpa)	ϕ (°)	Erm (Mpa)
IV A	Mrg	300	50-100	40	7	0.5	0.402028	0.00033546	0.511368	3.6101	0.026	0.7612	31.7025	986
IV A	Mrg	600	50-100	40	7	0.5	0.402028	0.00033546	0.511368	6.9260	0.026	1.1440	26.5601	986
IV A	Mrg	300	25-50	40	7	0.5	0.402028	0.00033546	0.511368	3.4487	0.026	0.5561	26.0646	986
IV A	Mrg	600	25-50	40	7	0.5	0.402028	0.00033546	0.511368	6.6164	0.026	0.8374	21.3173	986
III B	Mrg	300	50-100	50	7	0.5	0.647237	0.00127263	0.505734	3.6727	0.026	1.0023	35.7547	240
III B	Mrg	600	50-100	50	7	0.5	0.647237	0.00127263	0.505734	7.0462	0.026	1.4649	30.4591	240
III B	Mrg	300	25-50	50	7	0.5	0.647237	0.00127263	0.505734	3.5086	0.026	0.7108	29.9384	240
III B	Mrg	600	25-50	50	7	0.5	0.647237	0.00127263	0.505734	6.7313	0.026	1.0583	24.8588	240
IV A	Mi	300	25-50	40	10	0.54	0.574326	0.00033546	0.511368	4.1126	0.031	0.6996	27.6238	986
IV A	Mi	600	25-50	40	10	0.5	0.574326	0.00033546	0.511368	7.8902	0.031	1.0639	22.7256	986

Los resultados mostrados son diseñados a profundidades de 300 y 600m de profundidad, para el cálculo del ÍNDICE DE ESTABILIDAD N'. Se ha elaborado 10 casos de ocurrencia en Unidad Minera Huaron, las cuales se describen a continuación:

Figura 19 *Diseño de escenarios Método Taladros Largos*

C.Piso	Corona	C.Techo	Escenarios
25-50 Mpa IV-A (31-40)	25-50 Mpa IV-A (31-40)	25-50 Mpa IV-A (31-40)	M01-ESC 01 000-300m M01-ESC 02 300-600m
50-100 Mpa IV-A (31-40)	25-50 Mpa IV-A (31-40)	50-100 Mpa IV-A (31-40)	M02-ESC 03 000-300m M02-ESC 04 300-600m
50-10 Mpa III-B (41-50)	25-50 Mpa IV-A (31-40)	50-10 Mpa III-B (41-50)	M03-ESC 05 000-300m M03-ESC 06 300-600m
25-50 Mpa III-B (41-50)	25-50 Mpa IV-A (31-40)	25-50 Mpa III-B (41-50)	M04-ESC 07 000-300m M04-ESC 08 300-600m
50-100 Mpa III-B (41-50)	50-100 Mpa III-B (41-50)	50-100 Mpa III-B (41-50)	M05-ESC 09 000-300m M05-ESC 10 300-600m

Tabla 6 Análisis Índice estabilidad e Mathews U.M. Huaron

Escenario	C.Piso	Corona	C.Techo	Buz (*)	H (m)	Q' (MI)	A (MI)	B (MI)	C (MI)	N'(MI)	Q'(Est)	A(Est)	B(Est)	C(Est)	N'(Est)	R.H.	W	H	L	F.S	p	TL
M01-ESC 01	IV-A (31-40) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(25-50)	70-90	000-300	1.17	0.23	0.80	5.84	1.20	2.92	0.30	0.80	5.84	4.00	1.2	3.0	15.0	10.0	1	0.97	
M01-ESC 02	IV-A (31-40) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(25-50)	70-90	300-600	1.17	0.10	0.80	5.84	0.50	2.92	0.10	0.80	5.84	1.40	1.2	2.5	12.0	5.0	1	0.95	
M01-ESC 03	IV-A (31-40) Re(50-100)	IV-A (31-40) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(50-100)	70-90	000-300	1.17	0.23	0.80	5.84	1.20	8.75	0.78	0.80	5.84	31.70	1.4	3.0	15.0	10.0	1	0.99	
M01-ESC 04	IV-A (31-40) Re(50-100)	IV-A (31-40) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(50-100)	70-90	300-600	1.17	0.10	0.80	5.84	0.50	8.75	0.33	0.80	5.84	13.30	1.2	2.5	15.0	5.0	1	0.99	
M02-ESC 05	III-B (41-50) Re(50-100)	IV-A (31-40) Re(25-50)	III-B (41-50) Re(50-100)	70-90	000-300	1.17	0.23	0.80	5.84	1.20	15.75	0.78	0.80	5.84	57.10	1.2	3.0	18.0	10.0	1	1.00	
M02-ESC 06	III-B (41-50) Re(50-100)	IV-A (31-40) Re(25-50)	III-B (41-50) Re(50-100)	70-90	300-600	1.17	0.10	0.80	5.84	0.50	15.75	0.33	0.80	5.84	24.00	1.0	3.0	15.0	5.0	1	0.99	
M02-ESC 07	III-B (41-50) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(25-50)	III-B (41-50) Re(25-50)	70-90	000-300	1.17	0.23	0.80	5.84	1.20	12.50	0.30	0.80	5.84	17.30	1.2	2.5	15.0	5.0	1	1.00	
M02-ESC 08	III-B (41-50) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(25-50)	III-B (41-50) Re(25-50)	70-90	300-600	1.17	0.10	0.80	5.84	0.50	12.50	0.10	0.80	5.84	5.80	1.2	3.0	15.0	5.0	1	0.98	
M03-ESC 09	III-B (41-50) Re(50-100)	III-B (41-50) Re(50-100)	III-B (41-50) Re(50-100)	70-90	000-300	6.88	0.48	0.80	5.84	15.40	27.56	0.78	0.80	5.84	99.90	2.0	4.5	35.0	40.0	1	1.00	
M03-ESC 10	III-B (41-50) Re(50-100)	III-B (41-50) Re(50-100)	III-B (41-50) Re(50-100)	70-90	300-600	6.88	0.18	0.80	5.84	5.70	27.56	0.33	0.80	5.84	41.90	1.8	4.0	30.0	40.0	1	0.99	

Leyenda:

	Roca Mala IV-A		Procede	F.S : Factor Seguridad	W : Ancho de Seccion
	Roca Regular III-B		Bancada <= 10m	p : Probabilidad	H : Altura de excavacion expuesta
			No procede	R.H : Radio Hidráulico	L : Longitud de Corte

Se puede concluir que de los resultados obtenidos la posibilidad de ejecución de taladros largos en Unidad Minera Huaron, serán viables de acuerdo con las restricciones de evaluación geomecánica de la roca encajonante, estructura mineralizada, resistencia, profundidad de labor y dimensionamiento obtenido como se muestra en los resultados

4.1.6. Explotación por corte y relleno ascendente

Parámetros Geomecánicos

Litología: En criterios litológicos se trata de una veta que presenta encajonamiento por acción de material rocoso de consistencia magra y características silicificadas con fallamientos a nivel local, con horizontes de material intrusivo en el sector de orientación Este.

Condiciones Geomecánicas

Según la información de la mina, geomecánicamente se puede hacer una distinción entre las zonas de explotación. Específicamente, se puede identificar una tipología IIIB con un RMR de 41-45 en el sector que presenta encajonamiento. En ese sentido tomando como referencia el diagnóstico de Barton correspondería un Q de 3.79 a 5.92. Por otro lado, también se puede identificar una tipología GSI de MF/R muy fracturado/regular con encajonamiento en el sector que presenta mineralización y una roca con tipología IVA con un RMR de 35 a 40 y un GSI de MF/P definido como muy fracturado/pobre.

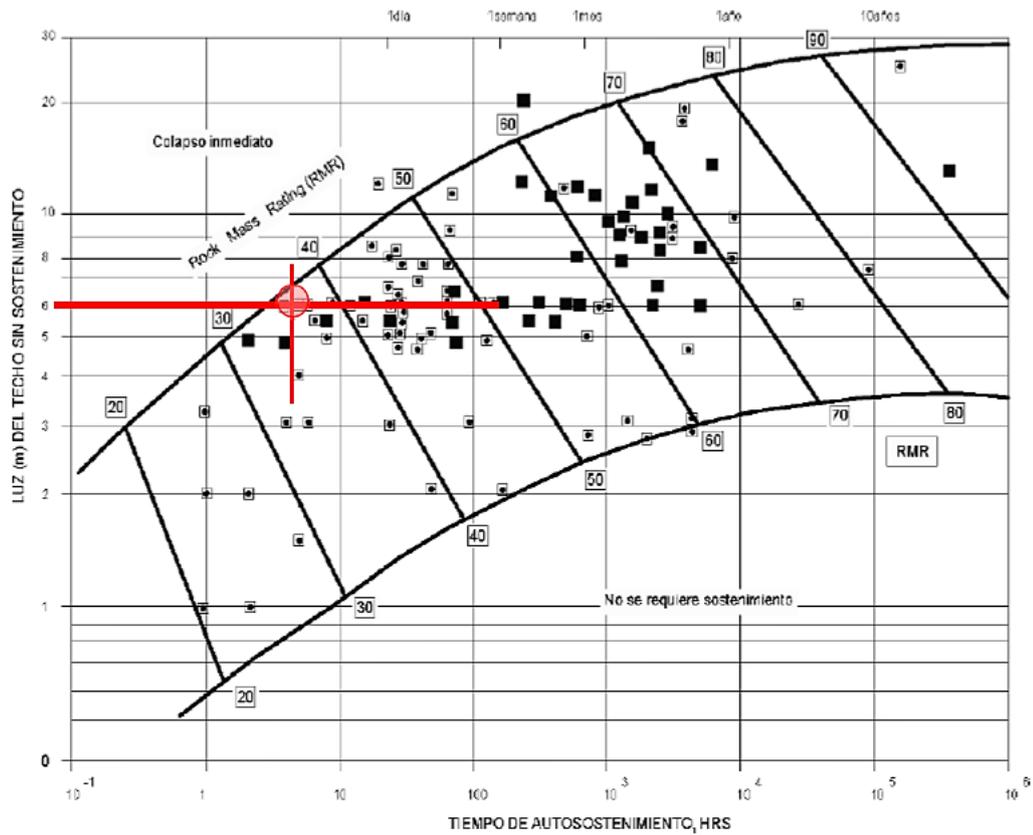
Así mismo, tomando como referencia lo especificado por Bienawski en el sector mineralizado del puede identificar un material rocoso del tipo IVA con una calidad de roca RMR 34 a 40, con un Índice Q de 1.2 a 1.5 y un GSI de MF/P (muy fracturado/pobre).

El método para explotar mediante corte y relleno se destina para yacimientos que presentan las características siguientes:

- un buzamiento fuerte, con una inclinación sobre los 50°, en el caso específico de las operaciones de Huarón se encuentra entre 60° a 85°.
- parámetros físico-mecánicos del material rocoso de caja en un nivel entre regular y mala.
- En el caso específico de HUARON la Calidad de las rocas se encuentra de Regular III B hasta roca Mala IV A en cuanto al material al encajonante de características margas y techo en el interior de la estructura que presenta mineralización.
- Nivel de Potencia moderado, que se presenta en las vetas de 2.7m hasta 6m.

- Para las características de taladro HORIZONTAL, ó en breasting se encuentra una cara despejada donde el techo no está reséñate daños por las voladuras, además de perturbación mínima y unos rendimientos por metro de perforación y uso de explosivos tendrá mejor resultados.

Figura 20 Tiempo de autoporte 8 horas hasta una abertura de 6 m



Tiempo de autoporte: 8 horas hasta una abertura de 6 m.

Soporte requerido

Datos sobre el sector excavado:

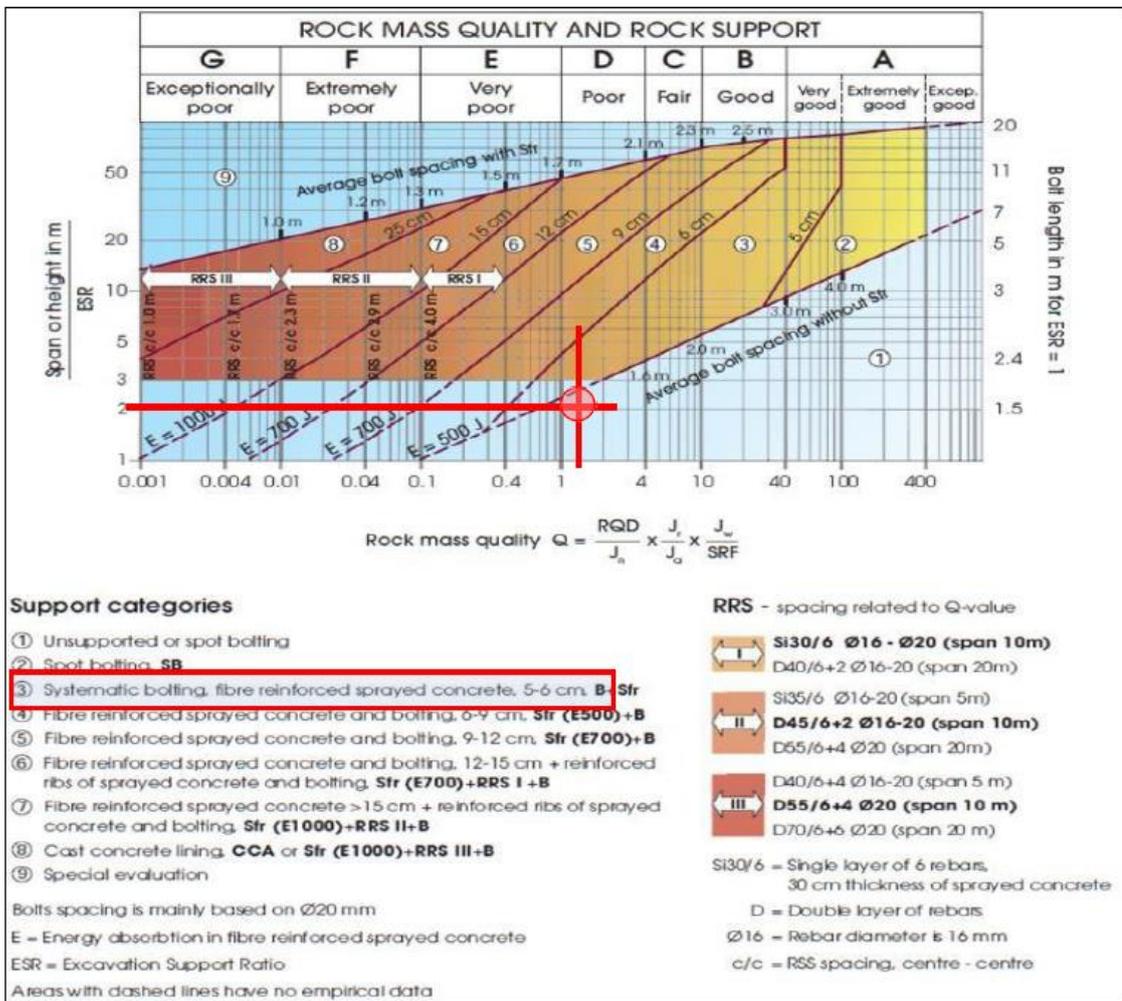
Dimensiones máximas de la excavación=6.0m

ESR=3 (Labores temporales)

Dimensiones equivalentes= $6/3 = 2$

Q=1.3

Figura 21 Categoría de sostenimiento estimado es Shotcrete 2" más pernos Swellex 7' sistemático, con base en el índice de calidad Q actual



Análisis del Factor de seguridad

El modelamiento, muestra factores de seguridad de 1.3 en hastiales y corona, indicando estabilidad, ver figura 10. A medida que la explotación continúe los factores de seguridad se mantienen con 1.3, ver figura.

Figura 22 Modelamiento en el corte inicial (Sub Nivel)

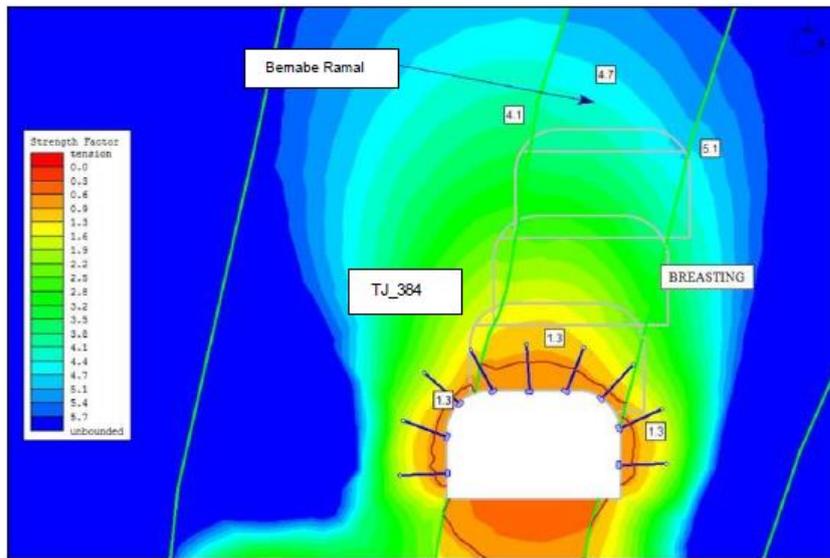
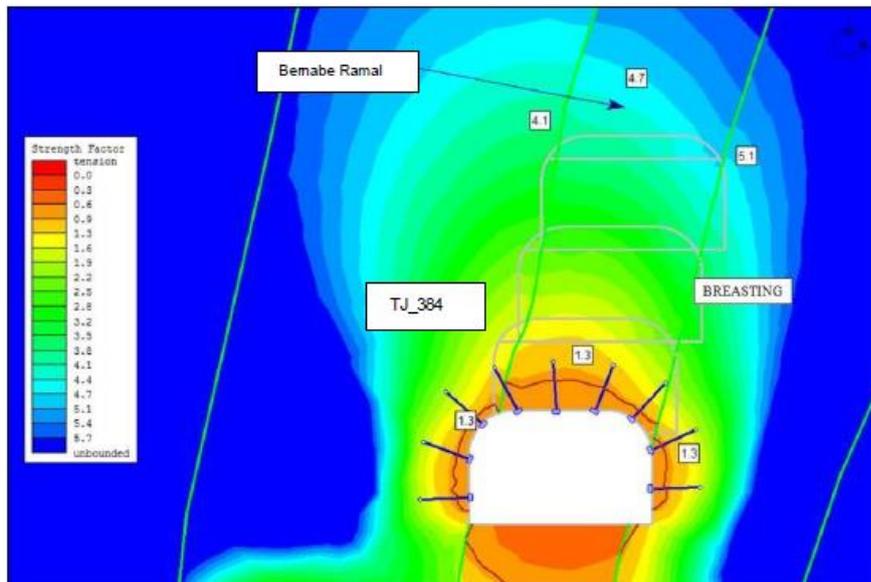


Figura 23 Factores de seguridad en las cajas y corona de 1.3 indicando estabilidad en el corte superior del tajo



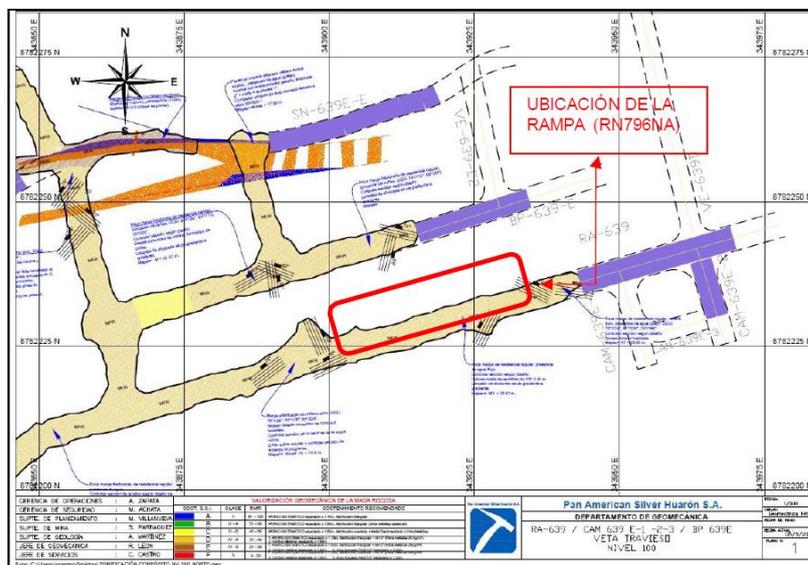
- Realizando el análisis de esfuerzos en la Veta Bernabé Ramal, podemos evidenciar que los esfuerzos principales inciden en n forma diagonal sobre las labores y como consecuencia se genera una presión de menor nivel, lo que proporciona una mejor estabilización.
- Al explotarse el tajeo el análisis del factor de seguridad (FS) resulta mayores a 1.2, indicando estabilidad.

- El sostenimiento que corresponde a estas condiciones de diseño y las condiciones Geomecánicas. Es la aplicación de concreto lanzado de 2" de espesor más pernos Swellex de 7 pies espaciado a 1.70 mts.
- De presentarse zonas anchas, mayores a 6 m, se realizará cámaras de sección 4.0 x 4.0 m para reconocer el ancho real de la veta, iniciando en el tope del Tj_384 y en retirada hacia el ingreso, el pilar entre cámaras es de 5 m.
- Antes de aperturar la siguiente cámara se debe rellenar la anterior con detrítico, finalmente se completará el relleno con hidráulico para confinar los espacios vacíos y no generar inestabilidad en el corte.

4.1.7. Evaluación de la labor más profunda

La Rampa RA639 – NV100 (Andrés), se encuentra ubicado en las coordenadas N: 8781612.485; E: 344573.372, la cámara presenta una orientación de N84°E.

Figura 24 Plano de Ubicación de la rampa de profundización RA639 – NV100

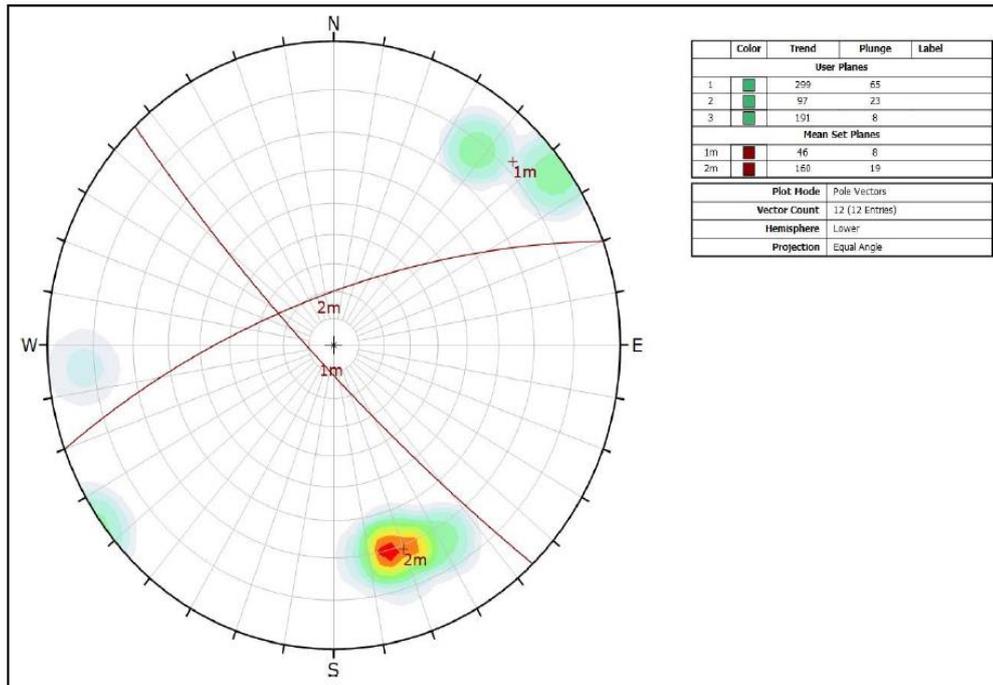


Análisis del Comportamiento Estructural.

La zona de providencia se tiene claramente definidos 2 sistemas de fallamientos, en el primer caso se puede ver que se encuentra orientado en

dirección NW-SE con DIP/DIP DIRECCION de 8°/46° y el segundo muestra estar orientado en dirección NE-SWW y como consecuencia presenta un buzamiento y una dirección de (DIP/DIP DIRECCION) de 19°/160°. En la figura 25 se puede evidenciar claramente las disposiciones de ambas estructurales de fallas y sus características.

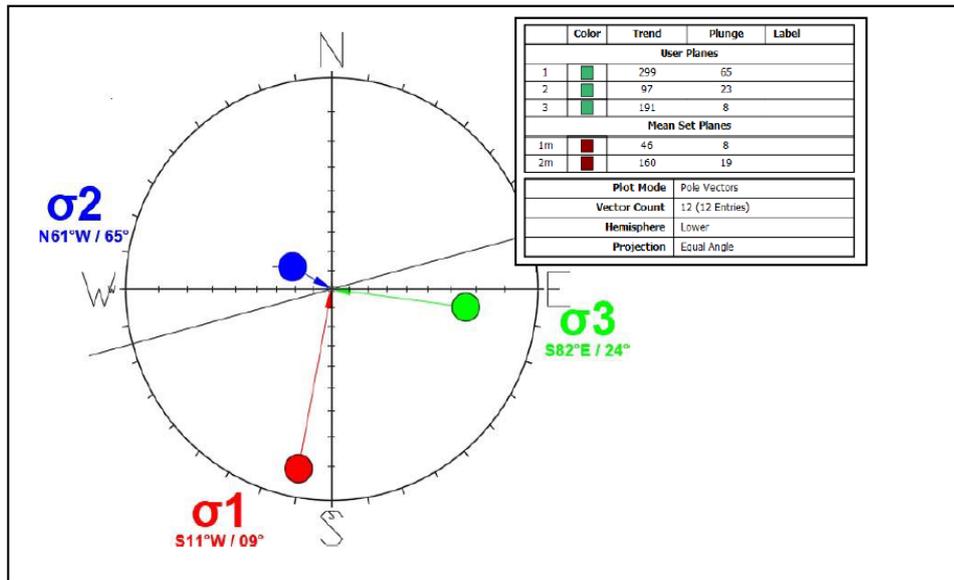
Figura 25 Orientación de los sistemas de falla



Cálculo De Las Orientaciones De Esfuerzo (σ_1 , σ_2 y σ_3)

Realizar una evaluación estructuralmente de la veta travieso, la determinación de los principales parámetros de tensores para esfuerzos por medio del uso del sistema de Diedros Rectos y/o fallas conjugadas. Este esquema se puede apreciar en la figura 26

Figura 26 Orientación de esfuerzos - travieso – NV100



Según estos resultados de veta travieso, NV100. RA639 muestra orientar sus esfuerzos mayores en dirección (σ_1) al SW-NE tangencial, con una inclinación angular de 09° y un sector de deformaciones orientado al SE-NW (σ_3), estas fuerzas se pueden considerar como esfuerzos In-situ con origen en la mecánica tectónica.

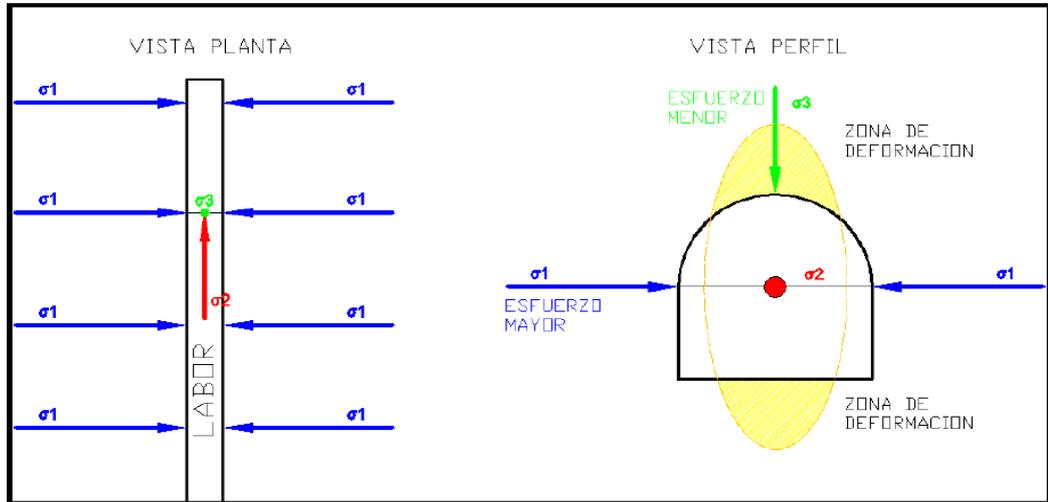
Al realizar la evaluación local, este tipo de dirección de orientación pueden presentar variaciones ligeras dependiendo de las áreas abiertas que se generen, las mismas que producirse los esfuerzos inducidos (que presentan un mayor nivel en comparación con el esfuerzo In-situ).

Análisis de la orientación de las labores con respecto a la dirección de esfuerzos

En el caso de que una labor presente una orientación perpendicular al esfuerzo mayor (σ_1) estas presentaran un nivel de deformación alto en toda su trayectoria longitudinal. En cambio, si se trata de una orientación en dirección horizontal por parte del esfuerzo la deformación resultante se podrá evidenciar en el sector de la corona, y se manifestará con una tipología de relajamientos

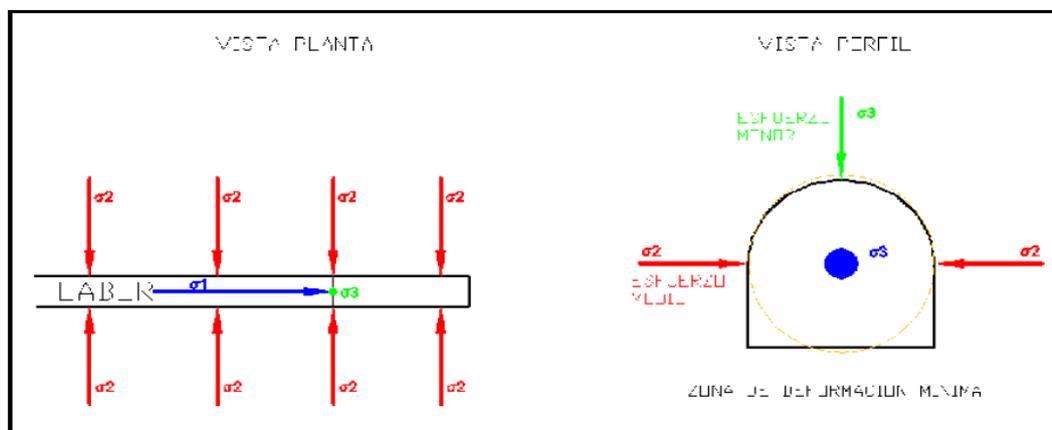
en forma de costras, dicha labor buscará su estabilidad a esa condición. Este esquema puede ser apreciado en la figura 27.

Figura 27 Orientación de las labores con respecto a la dirección de esfuerzos



Cuando se presente un valor de esfuerzos superiores a (σ_1) en orientación paralela a la labor este se disipa en las excavaciones, producto de lo cual solo quedan esfuerzos menores (σ_2 y σ_3) los que no generan mayores daños en las labores y proporcionan un mayor nivel de estabilización. A continuación, se puede apreciar el diagrama correspondiente al esquema mencionado.

Figura 28 Esfuerzo mayor disipada en la labor actuando los esfuerzos menores (σ_2 y σ_3) sin generar deformación



Evaluación de Presiones en labor de preparación del sector travesero.

La veta traviesa muestra una orientación una N75°E, en la que se superponen los tensores de esfuerzos además se puede distinguir que la fuerza principal afecta de forma diagonal a las labores lo cual quemeran una presión menor, lo que proporciona una mayor estabilización con ligeros relajamientos en la corona del vértice caja techo de la labor. Acontinuacion se puede obser lo mencionado en los gráficos 29 y 30.

Figura 29 Orientación de los esfuerzos con respecto veta travieso

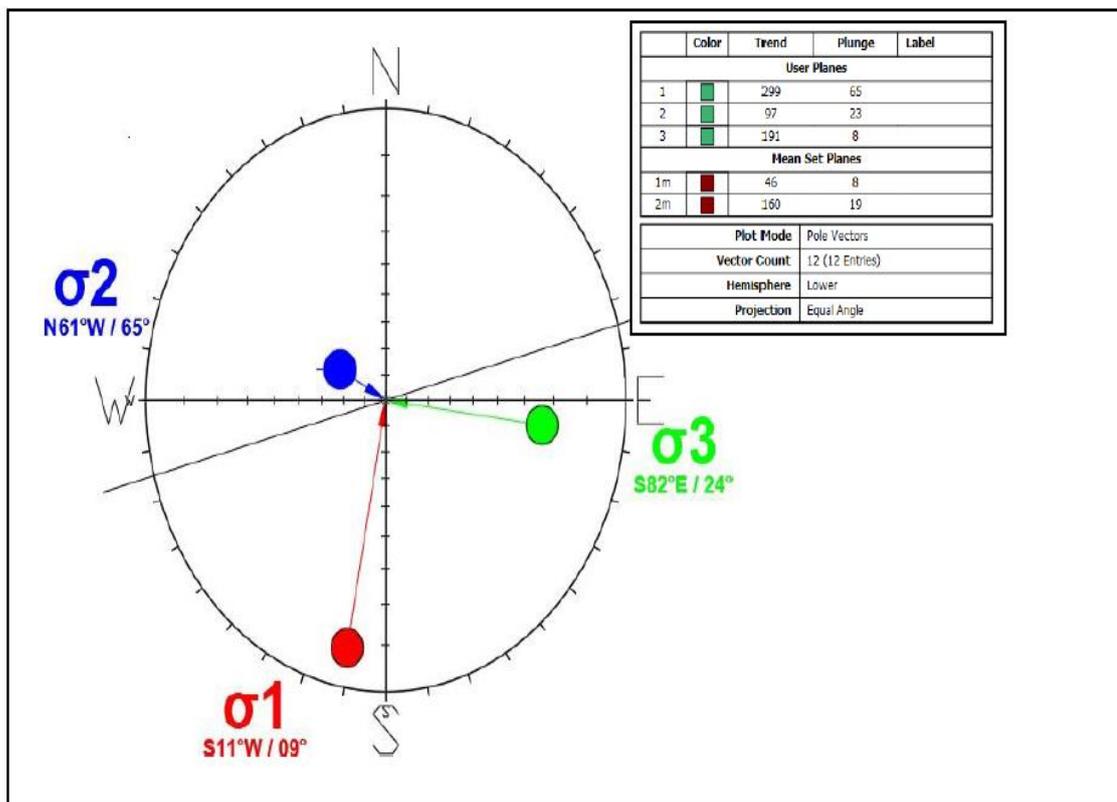
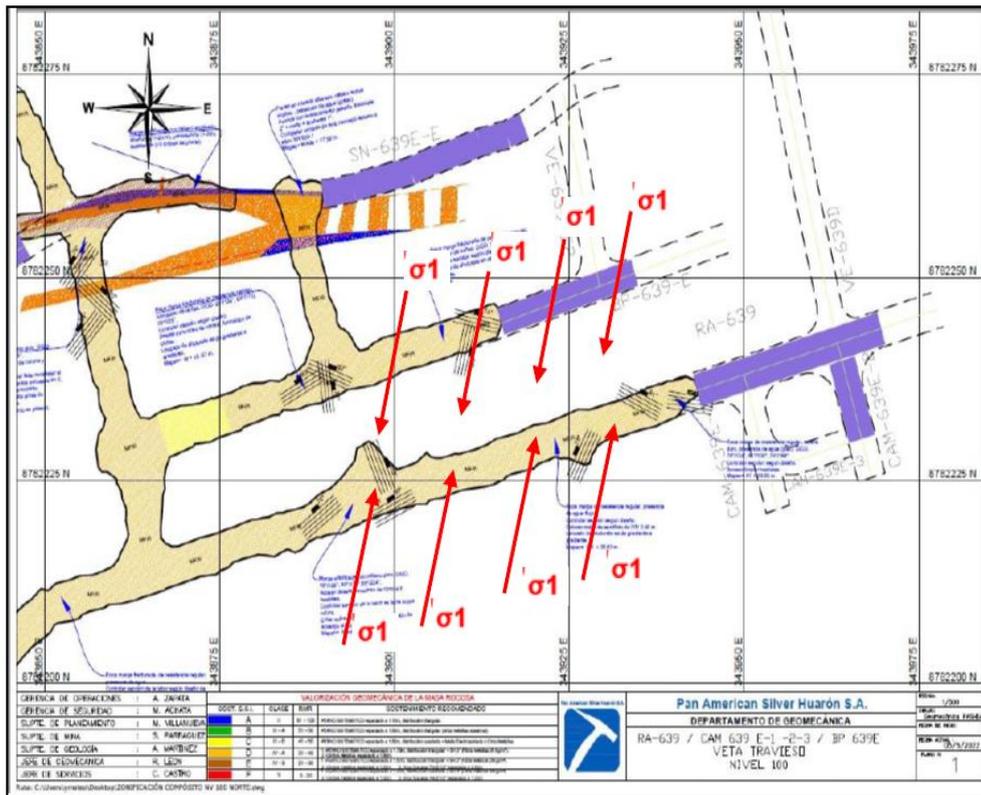


Figura 30 Orientación de los esfuerzos con respecto rampa – Traveso



En cuerpo de roca encajonante presenta una resistencia correspondiente a un R4.

Que se presenta resistencia de material intacto de 65 en comparación con las presiones que ejerce el macizo rocoso a una profundidad de 661.17m es de 17.85 Mpa, Además se puede apreciar en el gráfico siguiente la estimación que presentará para este nivel de profundidad lo que está expresado en una relación de esfuerzos “k” de 1.2. Ver figura 31 y tabla 7.

Figura 31 Estimación de K

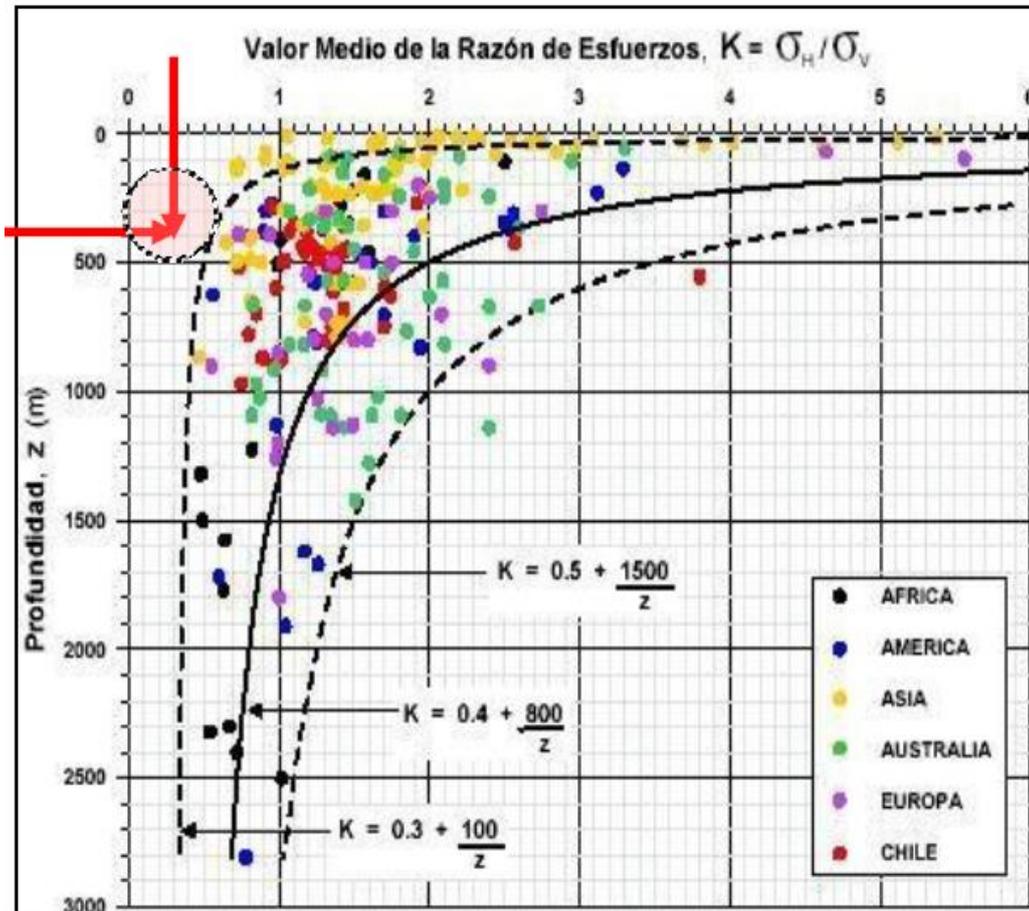


Tabla 7 Estimación de k relación de esfuerzo horizontal al vertical

Z	σ_v Mpa	K	σ_h Mpa
661.17	17.85	1.20	21.42

Parámetros geomecánicos

Litología:

La mineralización de sus compuestos está conformada por calcita como ganga, rodocrosita, pirita, esfalerita y tetraedrita, además el material rocoso magroso encajado se encuentra alterado por factores hidrotérmicos y está compuesto por un halo de silicificación y epidotización-piritización.

Condiciones Geomecánicas

En cuanto a los valores de orden geomecánico en el lugar de estudio presentan variaciones en determinados sectores: tomando como referencia lo especificado por Bienawski en el sector encajonante se puede evidenciar un RMR de 42 a 47 que correspondería a una tipología III-B que se asocia a rocas de característica Regular. Por otro lado, apoyándonos en los parámetros de Barton estos resultados se ubican en un índice Q de 1 a 1.4 que se asocia a materiales de calidad Regular y un GSI MF/R.

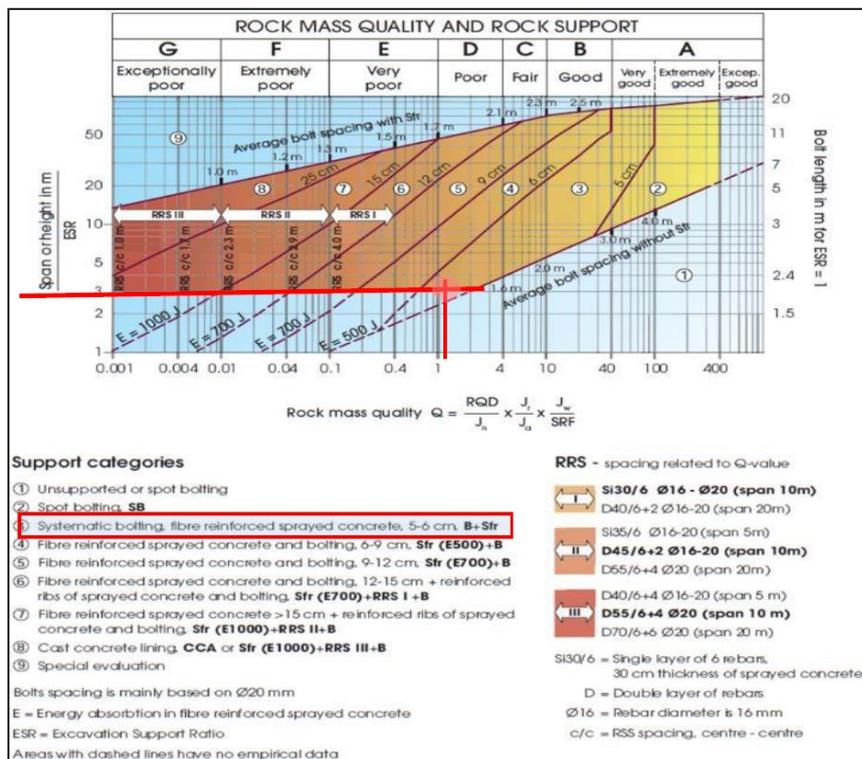
Soporte requerido

Según la información del material excavado tenemos:

Dimensiones máximas para la excavación=4.50m ESR=1.6 (Labores permanentes)

Dimensiones equivalentes = $4.5/1.6 = 2.81$ Q=1.2

Figura 32 Categoría de sostenimiento que se estima es Split Set sistematizado. Con base en el índice de calidad Q actualizado para la masa rocosa.



El sostenimiento recomendado según Gristamd y Barton Shotcrete 2”
más pernos sistemáticos.

Estimación del factor de competencia

Considerando:

Profundidad = 630m.

RC = 100

Sv = 17.01 Mpa.

Factor de Competencia de Roca (Fc): $Fc = R_c/S_v$

Rc = Resistencia a la compresión (rotura) de la roca en Mpa.

Sv = Esfuerzo in-situ vertical de la roca = (Densidad * Profundidad)/100 en Mpa

Se determina un factor de competencia de la roca $Fc = 5.88$ Basado en el siguiente cuadro de condiciones:

$Fc > 10$ No hay problema de relajamiento en la roca

$Fc < 10 > 5$ Relajamiento menor y problemas menores

$Fc < 5 > 2.5$ Relajamiento severo en funcion al tiempo

$Fc < 2.5$ Problemas de estallido y/o derrumbes

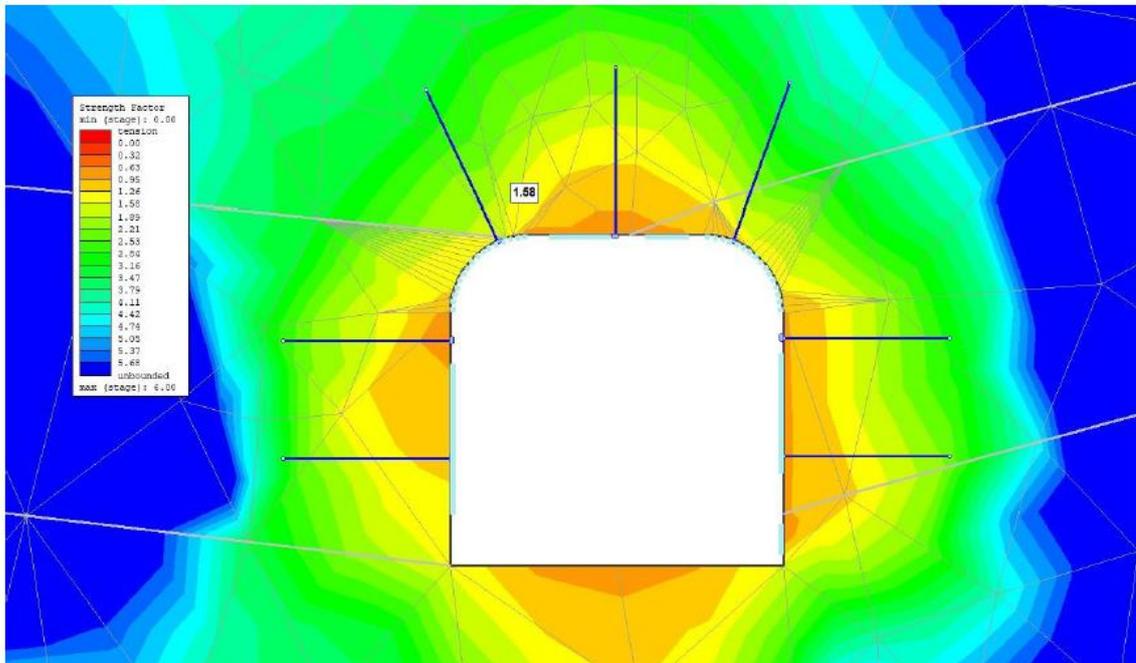
Del análisis del factor de competencia en el cuadro adjunto, podría presentarse

relajamiento menor en contorno de la excavación y problemas menores de roca generados por la carga litostática.

Análisis de estabilidad mediante modelamiento numérico

Con el fin de evaluar los niveles de estabilización se tuvo que llevar a cabo simulaciones usando el método de elementos finitos mediante el programa RS 2.0, se hizo un corte perpendicular a la zona de profundización con respecto a la superficie.

Figura 33 La rampa RA639, NV100, presenta un $FS=1.58$ como mínimo alrededor de la corona (con sostenimiento)



- El factor de competencia calculado para esta labor RA639 es ($F_c=5.88$), el macizo rocoso presentaría problemas de relajamientos menor en contorno de la excavación (Encampane = 630m).
- El macizo rocoso donde se desarrolla la RA639, según Bienawski, tipo de Roca III-B, un Q de Barton de 1.0 a 1.4 y un GSI, muy fracturado regular (MF/R).
- Según el Análisis de estabilidad por métodos numéricos (RS2) en la RA639 – NV100, tiene los siguientes factores de seguridad: $FS=1.26$ (sin Sostenimiento) y FS mayor a 1.58 (Con sostenimiento)
- El sostenimiento calculado según Grimstad y Barton es Shotcrete 2" con fibra, instalado según el estándar + pernos sistemáticos.
- El análisis estructural ha permitido obtener determinar el ángulo COPHA, a través de la metodología de fallas inversas.

- La constante “K” se ha determinado a través de la correlación numérica entre la profundidad y valores de medición de esfuerzos realizados en Perú, obteniendo el valor de 1.2 para unidad minera Huaron.
- La calidad de roca observada corresponde a valores de 65% con valores de RMR (21-40), 10% en rocas de calidad con valores de RMR(41-60) y 25% el cual estaría representado por rocas de calidad con valores de RMR(15-20).
- Para el dimensionamiento de las excavaciones en taladros largos, se ha empleado el Método Gráfico Estabilidad de Mathews., con respecto al dimensionamiento de las excavaciones por el método de Taladros Largos
- El método de clasificación geomecánica empleado en la unidad minera Huaron, para identificación de la calidad del macizo rocoso es GSI (Índice Geológico de Resistencia), constituido por la identificación de la Condición Superficial y estructural de matriz de la roca.
- Por la calidad de roca identificado en Huaron, se ha considerado los siguientes tipos de sostenimiento ideales con el objetivo de dar el soporte necesario que garantice un factor de seguridad encima del valor de 1.0, las cuales se detalla a continuación:

Para labores permanentes

Para roca tipo II se empleará pernos expansivos espaciados a 1.75 m x 1.75 m en forma de rombo, espaciados entre fila y fila 1.50 m

Para roca tipo IIIA se empleará pernos expansivos espaciados a 1.50 m x 1.50 m en forma de rombo, espaciados entre fila y fila 1.30 m

Para roca tipo IIIB se empleará SHOTCRETE mas pernos expansivos espaciados a 1.50 m x 1.50 m en forma cuadrada

Para roca tipo IVA se empleará SHOTCRETE 2”, mas pernos expansivos espaciados a 1.50 m x 1.50 m en forma rombo, espaciados entre fila y fila 1.30 m

Para roca tipo IVB se empleará SHOTCRETE 2" mas malla electrosoldada mas pernos expansivos espaciados a 1.50 m x 1.20 m en forma rombo, espaciados entre fila y fila 0.75 m, mas shotcrete 1"

Para roca tipo V se empleará:

SHOTCRETE 2" más malla electrosoldada más pernos expansivos espaciados a 1.50 m x 1.20 m, espaciados entre fila y fila 0.75 m, mas shotcrete 1", más arcos Noruego espaciados de 1 m hasta 2 m de acuerdo a evaluación.

SHOTCRETE 2" más cimbras metálicas espaciados de 1 m hasta 2 m de acuerdo a evaluación.

Para Labores temporales

Para roca tipo II se empleará pernos de fricción espaciados a 1.75 m x 1.75 m en forma de rombo, espaciados entre fila y fila 1.50 m

Para roca tipo IIIA se empleará pernos de fricción espaciados a 1.50 m x 1.50 m en forma de rombo, espaciados entre fila y fila 1.30 m

Para roca tipo IIIB se empleará malla electrosoldada más pernos fricción espaciados a 1.50 m x 1.50 m en forma cuadrada

Para roca tipo IVA se empleará SHOTCRETE 2", más pernos expansivos espaciados a 1.50 m x 1.50 m en forma rombo, espaciados entre fila y fila 1.30 m

Para roca tipo IVB se empleará SHOTCRETE 2" más malla electrosoldada mas pernos expansivos espaciados a 1.50 m x 1.20 m en forma rombo, espaciados entre fila y fila 0.75 m, mas shotcrete 1"

Para roca tipo V se empleará:

SHOTCRETE 2" mas malla electrosoldada mas pernos expansivos espaciados a 1.50 m x 1.20 m, espaciados entre fila y fila 0.75 m, mas shotcrete 1", mas arcos Noruego espaciados de 1 m hasta 2 m de acuerdo a evaluación.

SHOTCRETE 2" mas cimbras metálicas espaciados de 1 m hasta 2 m de acuerdo a evaluación

4.2. Discusión de resultados

- El yacimiento minero de Huaron está constituido por vetas, mantos y cuerpos (bolsonadas)
- La caracterización geomecánica de la masa rocosa se realizó a través del sistema GSI simplificado esto es con ayuda de golpe del martillo y grado de fracturamiento por metro lineal
- La zonificación geomecánica se presenta en tres dominios

primer dominio donde la calidad de roca es Regular- Tipo III (RMR 41 – 60) relacionado a las labores puntuales de desarrollo y profundización como rampas y cruceros de desarrollo el cual representa 10%;

un segundo dominio donde la calidad de roca es Mala (RMR 21 – 40) relacionado a labores de explotación y preparación como by pass, ventanas, subniveles, galerías y rampas de batido de acceso a la estructura mineralizada representado un 65% y

un tercer dominio donde la calidad de roca es Muy Mala (RMR 15-20) relacionado a labores de explotación y preparación como subniveles y galerías representado por estructuras mineralizadas muy alteradas por agentes físicos y químicos representado un 25%.

- Las dimensiones de las labores en la unidad minera Huaron presentan los siguientes valores.

Para rampas, subnivel, galería, cruceros, by pass y ventanas, se tiene secciones de 3.5 m x 3.8 m, 3.0 m x 3.5 m, 2.0 m x 3.0 m.

Para rampas de profundización se tiene secciones de 4.0 m x 4.2 m, 4.5 m x 4.5 m.

Para cámaras diamantinas y de carguío se tiene dimensiones de 5.0 m x 6.0 m.

Dimensionamiento para la explotación por taladros largos

Se uso el **método grafico de estabilidad** teniendo en cuenta las estructuras, resistencias del cuerpo rocoso, fuerzas que intervienen en la excavación, tamaño, forma y las orientaciones de la excavación y ver si las labores serán estables con sostenimiento y sin él o presentarán inestabilidad aun cuando cuenten con sistemas de sostenimiento.

Este diseño se basa en el cálculo de valores de N' y S es decir en el número de estabilidad, el radio hidráulico el cual está en función del tamaño y forma del tajeo.

La clasificación del macizo rocoso de la mina se obtuvo por el método RMR, obteniendo valores de. El 56 % es roca de mala calidad, con un RMR de 21 – 40, un 31 % corresponde a calidad de roca regular con un RMR de 41 – 50 lo cual se puede observar en la roca encajonante, caja piso, caja techo.

Para la obtención del índice de estabilidad N' se obtuvieron de labores ubicados entre 300 m a 600 m de profundidad obteniendo los siguientes datos roca mala tipo IV A, roca regular tipo III B tanto en la caja piso, techo, corona, con un buzamiento de 70 °.

Se puede concluir que de los resultados obtenidos la posibilidad de ejecución de taladros largos en Unidad Minera Huaron, serán viables de acuerdo con las restricciones de evaluación geomecánica de la roca encajonante, estructura mineralizada, resistencia, profundidad de labor y dimensionamiento obtenido

Explotación por corte y relleno ascendente

La veta se encuentra emplazada en roca marga silicificada, fallas y roca intrusiva al este

Los índices Geomecánicos son variados presentando rocas tipo IIIB con RMR de 41 – 45 con Q de 3.79 a 5.92 y con GSI de MF/R muy fracturado a regular.

La zona mineralizada presenta un tipo de roca IVA de RMR 34 a 40 un índice Q de 1.2 a 1.5 y un GSI muy fracturado a pobre.

Se opto por este metodo por corte y relleno ascendente por las siguientes características.

Su buzamiento va de 60° a 85°

La geomecánica del mineral y roca de caja de regular a mala, esto es de tipo IIIB y IVA .

Potencia moderada de 2.7 m a 6 m.

El tiempo de autosoporte es de 8 horas hasta una abertura de 6 m.

Dimensión máxima de excavación 6 m

Radio de soporte de la excavación (ESR) 3

El sostenimiento estimado es de Shotcrete 2" con pernos Swellex de 7' espaciados a 1.7 m.

Evaluación de la labor Rampa Ra639 – NV 100

Esta labor se encuentra ubicada en dos sistemas de falla

Su asociación mineralógica es como minerales, de tetraedrita, esfalerita, enargita, calcopirita, como ganga pirita, rodocrosita, calcita y alteración hidrotermal.

Su clasificación geomecánica es RMR de 42 a 47, tipo de roca III B regular con un índice Q de 1 a 1.4 regular y un GSI muy fracturado a regular.

El sostenimiento requerido está en función de la dimensión máxima de excavación de 4.50 m, para lo cual se tendrá que usar pernos Split set, shotcrete de 2" con un factor de competencia de 5.88

CONCLUSIONES

1. La zonificación geomecánica del yacimiento minero de Huaron, se presenta en tres dominios **primer dominio** donde la calidad de roca es Regular- Tipo III (RMR 41 – 60) relacionado a las labores puntuales de desarrollo y profundización como rampas y cruceros de desarrollo el cual representa 10%; un **segundo dominio** donde la calidad de roca es Mala (RMR 21 – 40) relacionado a labores de explotación y preparación como by pass, ventanas, subniveles, galerías y rampas de batido de acceso a la estructura mineralizada representado un 65% y un **tercer dominio** donde la calidad de roca es Muy Mala (RMR 15-20) relacionado a labores de explotación y preparación como subniveles y galerías representado por estructuras mineralizadas muy alteradas por agentes físicos y químicos representado un 25%.
2. En cuanto al Dimensionamiento para la explotación por taladros largos se usó el método grafico de estabilidad teniendo en cuenta las estructuras, resistencias de la más rocosa, esfuerzos alrededor de la excavación, tamaño, forma y orientación de la excavación; la clasificación de los parámetros Geomecánicos del macizo rocoso indica que 56 % corresponde a calidad de Roca Mala RMR (21-40) como índice de frecuencia y 31% corresponde a una calidad de Roca Regular RMR (41-50), observados con mayor frecuencia en la roca encajonante como son caja techo y piso de las estructuras evaluadas.
3. Se puede concluir que de los resultados obtenidos la posibilidad de ejecución de taladros largos en Unidad Minera Huaron, serán viables de acuerdo con las restricciones de evaluación geomecánica de la roca encajonante, estructura mineralizada, resistencia, profundidad de labor y dimensionamiento obtenido
4. El sostenimiento que corresponde a estas condiciones de diseño y las condiciones Geomecánicas. Es la aplicación de concreto lanzado de 2" de espesor más pernos Swellex de 7 pies espaciado a 1.70 mts.

5. Al evaluar la labor rampa RA639 – NV 100 que es la labor mas profunda ubicada a 661.17 m presenta a esa altura una resistencia de presión del macizo rocoso de 17.85 Mpa y un RMR de 42 a 47 que corresponde a un tipo de roca III-B (Regular), según la clasificación de Barton corresponde a un índice Q de 1 a 1.4 que corresponde a roca Regular y un GSI MF/R. el sostenimiento recomendado según Gristamd y Barton Shotcrete 2” más pernos sistemáticos

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que debe aplicarse el sostenimiento que corresponde a estas condiciones de diseño y las condiciones Geomecánicas. El cual es concreto lanzado de 2" de espesor más pernos Swellex de 7 pies espaciado a 1.70 mts
2. De presentarse zonas anchas, mayores a 6 m, se recomienda realizar cámaras de sección 4.0 x 4.0 m para reconocer el ancho real de la veta, iniciando en el tope del Tj_384 y en retirada hacia el ingreso, el pilar entre cámaras es de 5 m.
3. Antes de aperturar la siguiente cámara se recomienda rellenar la anterior con detritico, finalmente se completará el relleno con hidráulico para confinar los espacios vacíos y no generar inestabilidad en el corte.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- BAENA, G. (2017). Metodología de la investigación. En G. E. PATRIA (Ed.).
- BIENIAWSKI, Z. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications, un completo manual para ingenieros y geólogos en minería, civil, y ingenieros de petróleo.* (W. -I. Publication, Ed.)
- BOJORQUEZ, G. (2019). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOMECÁNICA EN LA ESTABILIDAD SUBTERRÁNEA EN LA MINA HUENZALÁ PERÍODO 2010-2011.* [tesis de doctor, UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO"] repositorio institucional Universidad Nacional "SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO".
- CORDOVA, D. (2006). *GEOMECANICA APLICADA ALMINADO SUBTERRANEO.* Lima.
- ENAEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEX S.A.* ENAEX, Gerencia técnica.
- EXSA. (s.f.). *Manual práctico de voladura, 4ta edición.* exsa.
- FABIAN, GUERREO, E. (s.f.). *"APLICACIÓN DE LA GEOMECÁNICA EN LOS FRENTES DE AVANCES DE CARBÓN PARA PREVENIR ACCIDENTES POR DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS EN LA CIA. MINERA REYNA CRISTINA – ANCASH".*
- FLORES, M. (2001). *Controles Geomecánicos en la prevención de la caída de rocas.* Corporación Aceros Arequipa S.A. Línea minería.
- FLORIAN, B. (2018). *APLICACIÓN DE MECÁNICA DE ROCAS PARA LA PEQUEÑA MINERÍA.* [tesis de licenciamiento Universidad de las Américas - Santiago de Chile] repositorio institucional Universidad de las Américas - Santiago de Chile.
- HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, R. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta edición ed.). (M. e. S.A., Ed.)
- HOCK, BROWN, E. (1985). *Excavaciones subterráneas en roca.* (McGRAW-HILL., Ed.) México.

- INSTITUTO DE INGENIEROS MINAS DEL PERU (IIMP). (27 de junio de 2019). *Avances de la aplicación de la geomecánica en la minería peruana*. Obtenido de Conclusiones - JM - 27062019 pdf - Adobe AcrobatReader (64-bit).
- INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA. (1990). *Mecánica de rocas aplicada a la minería metálica subterránea*.
- Instituto Geológico y Minero de España. (1987). *Manual de perforación y voladura de rocas*. Instituto Geológico y Minero de España.
- LUCAS, M. (2019). *Caracterización geomecánica para evaluar el sostenimiento subterráneo de la mina Huantajalla U.P. Uchucchacua Compañía Minera Buenaventura S.A.A.* [tesis de licenciamiento, UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN] repositorio institucional UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN.
- OSINERGMIN, (2017). *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas*. (O. S. OSINERGMIN, Ed.)
- SALAZAR, E. (2020). *Evaluación geomecánica para determinar el tipo de sostenimiento en tajeos de explotación por el método de corte y relleno ascendente Unidad Minera Yauricocha - Sociedad Minera Corona S. A.* [tesis de licenciamiento Universidad Continental] repositorio institucional Universidad Continental.
- SANCHEZ, E. (2020). *Sostenimiento subterráneo en minería. Apuntes de clases de sostenimiento*.
- SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA. (2004). *Manual de geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas*.
- SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA. (2004). *Manual de geomecánica aplicada a la prevención de accidentes por caída de rocas*.
- SUPO, CAVERO, F. (2014). *FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PROCEDIMENTALES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN CIENCIAS SOCIALES*. (E. Universitario, Ed.) Lima.

TACURI, A., & TACURI, A. (2017). *“EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO PARA LA APLICACIÓN DEL SOSTENIMIENTO EN LA MINA HÉRCULES – CIA MINERA LINCUNA S.A”*. [tesis de licenciamiento UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA] repositorio institucional UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA.

TAMAYO Y TAMAYO, M. (2003). *El proceso de la investigación científica* (cuarta edición ed.). (L. N. Editores, Ed.)

Universidad Politécnica de Madrid. (2020). *Introducción a la Minería Subterránea. Vol. IV Métodos de explotación de interior.*

ANEXOS

Anexo A

Instrumentos de recolección de datos

Parámetro del macizo rocoso con Rock data

RMR	Type	Roca	H (m)	UCS (Mpa)	GSI	mi	D	mb	s	a	σ_t (Mpa)	δ (MN/m3)	c (Mpa)	ϕ (°)	Erm (Mpa)
IV A	Mrg		300	50-100	40	7	0.5	0.402028	0.00033546	0.511368	3.6101	0.026	0.7612	31.7025	986
IV A	Mrg		600	50-100	40	7	0.5	0.402028	0.00033546	0.511368	6.9260	0.026	1.1440	26.5601	986
IV A	Mrg		300	25-50	40	7	0.5	0.402028	0.00033546	0.511368	3.4487	0.026	0.5561	26.0646	986
IV A	Mrg		600	25-50	40	7	0.5	0.402028	0.00033546	0.511368	6.6164	0.026	0.8374	21.3173	986
III B	Mrg		300	50-100	50	7	0.5	0.647237	0.00127263	0.505734	3.6727	0.026	1.0023	35.7547	2401
III B	Mrg		600	50-100	50	7	0.5	0.647237	0.00127263	0.505734	7.0462	0.026	1.4649	30.4591	2401
III B	Mrg		300	25-50	50	7	0.5	0.647237	0.00127263	0.505734	3.5086	0.026	0.7108	29.9384	2401
III B	Mrg		600	25-50	50	7	0.5	0.647237	0.00127263	0.505734	6.7313	0.026	1.0583	24.8588	2401
IV A	Mi		300	25-50	40	10	0.54	0.574326	0.00033546	0.511368	4.1126	0.031	0.6996	27.6238	986
IV A	Mi		600	25-50	40	10	0.5	0.574326	0.00033546	0.511368	7.8902	0.031	1.0639	22.7256	986

Análisis Índice estabilidad

Escenario	C.Piso	Corona	C.Techo	Buz (°)	H (m)	Q' (Mi)	A (Mi)	B (Mi)	C (Mi)	N' (Mi)	Q'(Est)	A(Est)	B(Est)	C(Est)	N'(Est)	R.H.	W	H	L	F.S	p	TL
M01-ESC 01	IV-A (31-40) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(25-50)	70-90	000-300	1.17	0.23	0.80	5.84	1.20	2.92	0.30	0.80	5.84	4.00	1.2	3.0	15.0	10.0	1	0.97	
M01-ESC 02	IV-A (31-40) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(25-50)	70-90	300-600	1.17	0.10	0.80	5.84	0.50	2.92	0.10	0.80	5.84	1.40	1.2	2.5	12.0	5.0	1	0.95	
M01-ESC 03	IV-A (31-40) Re(50-100)	IV-A (31-40) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(50-100)	70-90	000-300	1.17	0.23	0.80	5.84	1.20	8.75	0.78	0.80	5.84	31.70	1.4	3.0	15.0	10.0	1	0.99	
M01-ESC 04	IV-A (31-40) Re(50-100)	IV-A (31-40) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(50-100)	70-90	300-600	1.17	0.10	0.80	5.84	0.50	8.75	0.33	0.80	5.84	13.30	1.2	2.5	15.0	5.0	1	0.99	
M02-ESC 05	III-B (41-50) Re(50-100)	IV-A (31-40) Re(25-50)	III-B (41-50) Re(50-100)	70-90	000-300	1.17	0.23	0.80	5.84	1.20	15.75	0.78	0.80	5.84	57.10	1.2	3.0	18.0	10.0	1	1.00	
M02-ESC 06	III-B (41-50) Re(50-100)	IV-A (31-40) Re(25-50)	III-B (41-50) Re(50-100)	70-90	300-600	1.17	0.10	0.80	5.84	0.50	15.75	0.33	0.80	5.84	24.00	1.0	3.0	15.0	5.0	1	0.99	
M02-ESC 07	III-B (41-50) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(25-50)	III-B (41-50) Re(25-50)	70-90	000-300	1.17	0.23	0.80	5.84	1.20	12.50	0.30	0.80	5.84	17.30	1.2	2.5	15.0	5.0	1	1.00	
M02-ESC 08	III-B (41-50) Re(25-50)	IV-A (31-40) Re(25-50)	III-B (41-50) Re(25-50)	70-90	300-600	1.17	0.10	0.80	5.84	0.50	12.50	0.10	0.80	5.84	5.80	1.2	3.0	15.0	5.0	1	0.98	
M03-ESC 09	III-B (41-50) Re(50-100)	III-B (41-50) Re(50-100)	III-B (41-50) Re(50-100)	70-90	000-300	6.88	0.48	0.80	5.84	15.40	27.56	0.78	0.80	5.84	99.90	2.0	4.5	35.0	40.0	1	1.00	
M03-ESC 10	III-B (41-50) Re(50-100)	III-B (41-50) Re(50-100)	III-B (41-50) Re(50-100)	70-90	300-600	6.88	0.18	0.80	5.84	5.70	27.56	0.33	0.80	5.84	41.90	1.8	4.0	30.0	40.0	1	0.99	

Leyenda:

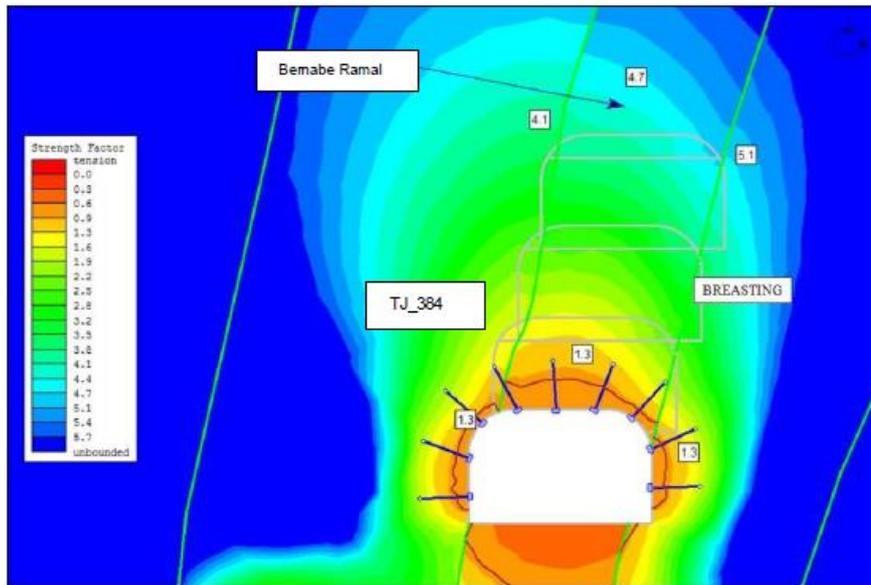
Roca Mala IV-A
 Roca Regular III-B

Procede
 Bancada < 10m
 No procede

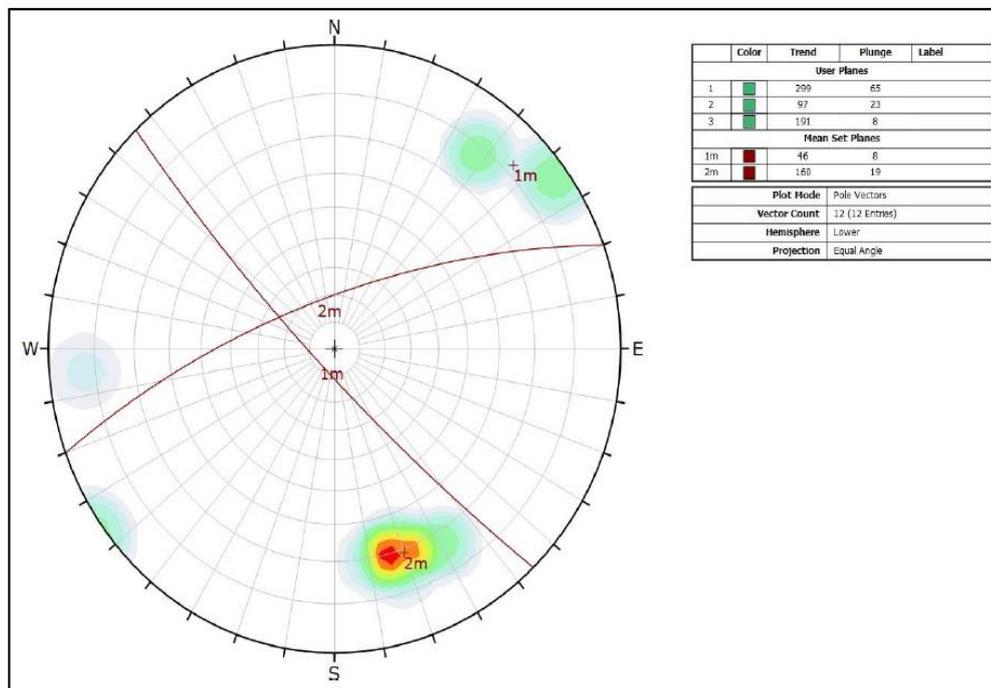
F.S : Factor Seguridad
p : Probabilidad
R.H : Radio Hidráulico

W : Ancho de Seccion
H : Altura de excavacion expuesta
L : Longitud de Corte

Factor de seguridad



Orientación de fallas



Anexo B

Matriz de consistencia

Título: “DIMENSIONAMIENTO DEL MINADO Y ELECCION DEL SOSTENIMIENTO A TRAVES DE LA CALIDAD DEL MACIZO ROCOZO EN PAN AMERICAN SILVER HUARON”						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>Problema general ¿Cuál será la calidad del macizo rocoso que ayude a dimensionar el minado y determinar el tipo de sostenimiento de las excavaciones en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A.?</p> <p>Problemas específicos Problema específico a. ¿Cuáles deben ser el dimensionamiento del minado por taladros largos en relación a las características geomecánicas del macizo rocoso en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A.?</p> <p>Problema específico b. ¿Qué tipo de sostenimiento se debe seleccionar para las excavaciones que se realiza en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A.?</p>	<p>Objetivo general Determinar la calidad del macizo rocoso que ayude a dimensionar el minado y determinar el tipo de sostenimiento de las excavaciones en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A.</p> <p>Objetivos específicos Objetivo específico a. Determinar el dimensionamiento del minado por taladros largos en relación a las características geomecánicas del macizo rocoso en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A.</p> <p>Objetivo específico b. Determinar el tipo sostenimiento que se debe seleccionar para las excavaciones en relación a la calidad del macizo rocoso, en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A.</p>	<p>Hipótesis general Determinando la calidad del macizo rocoso podremos dimensionar el minado y determinar el tipo de sostenimiento de las excavaciones en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A.</p> <p>Hipótesis específicas Hipótesis específica a. Determinando las características geomecánicas del macizo rocoso podremos dimensionar el minado por taladros largos, en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A.</p> <p>Hipótesis específica b. Determinando la calidad del macizo rocoso podremos seleccionar el tipo sostenimiento que se empleara, en la Empresa Minera PAN AMERICAN SILVER HUARON S.A.</p>	<p>Variable para la hipótesis general Calidad del macizo rocoso Dimensionamiento del minado Tipos de sostenimiento</p> <p>Variable para las hipótesis específicas Variable para la hipótesis a. Características geomecánicas del macizo rocoso Dimensionamiento del minado Variable para la hipótesis b. Calidad del macizo rocoso Tipos de sostenimiento</p>	<p>-Tipo de investigación aplicado</p> <p>-Nivel de investigación explicativo</p> <p>-Método de investigación método específico deductivo</p> <p>-Diseño de investigación no experimental</p> <p>-Muestra tajeo TJ640, nivel 100, zona Baja Norte</p>	<p>-Características del macizo rocoso</p> <p>-Dimensionamiento</p> <p>-Sostenimiento</p>	<p>-Tipo de roca</p> <p>-Tipo de labor</p> <p>-Explotación de taladros largos</p> <p>-Índice de estabilidad</p> <p>-Parámetros geomecánicos</p>