

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



T E S I S

**Determinación la estabilidad de las aberturas con sostenimiento
natural del cuerpo Maria Ines, en Compañía Minera Volcan – unidad**

Vinchos

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Dylan Owen VERASTEGUI RUEDA

Asesor:

Ing. Toribio GARCIA CONTRERAS

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

Determinación la estabilidad de las aberturas con sostenimiento natural del cuerpo Maria Ines, en Compañía Minera Volcan – unidad Vinchos.

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA
PRESIDENTE

Mg. Nelson MOLTALVO CARHUARICRA
MIEMBRO

Mg. Silvestre Fabián BENAVIDES CHAGUA
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión
Facultad de Ingeniería de Minas
Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N°047-JUIFIM-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 Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bachiller: Dylan Owen, VERASTEGUI RUEDA

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:

Tesis

**DETERMINACION LA ESTABILIDAD DE LAS ABERTURAS CON
SOSTENIMIENTO NATURAL DEL CUERPO MARIA INES, EN
COMPAÑÍA MINERA VOLCAN – UNIDAD VINCHOS.**

Asesor:

Ing. Toribio, GARCIA CONTRERAS

Índice de

Similitud: 06%

Calificativo

APROBADO

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

Cerro de Pasco, 03 de febrero 2024



Firmado digitalmente
por AGUIRRE
ADAUTO Agustín
Arturo FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 06.02.2024 16:58:38 -05:00

Dr. Agustín Arturo AGUIRRE ADAUTO

JEFE DE LA UNIDAD DE
INVESTIGACION DE LA FACULTAD
DE INGENIERIA DE MINAS

C.c.
Archivo

DEDICATORIA

A mi madre, abuelitos y familiares,
quienes a lo largo de mi vida han velado
por mi bienestar y educación,
Enseñándome que la mejor libertad del ser
humano está en la superación personal e
intelectual, y a todos los que creyeron en
mi brindándome su apoyo incondicional
a lo largo de mi vida personal y profesional.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios por todas sus bendiciones; así también a mi madre y abuelitos, por haberme dado la oportunidad de formarme en una prestigiosa universidad, brindándome todo su apoyo ante las adversidades.

De igual manera, agradecer a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, así como a la Escuela De Formación Profesional De Ingeniería De Minas, a los ingenieros docentes y en especial a mis tutores, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional; gracias a cada de uno de ustedes por su paciencia, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente, expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Toribio García Contreras, por su fundamental colaboración durante el proceso de investigación, quien, con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración, permitió el desarrollo de esta tesis.

RESUMEN

El presente trabajo académico que se titula: “DETERMINACION LA ESTABILIDAD DE LAS ABERTURAS CON SOSTENIMIENTO NATURAL DEL CUERPO MARIA INES, EN COMPAÑÍA MINERA VOLCAN – UNIDAD VINCHOS.” Tiene como objetivo principal conocer las condiciones geomecánicas del yacimiento de rocas del cuerpo María Inés para determinar la estabilidad de las aberturas con sostenimiento natural, se planteó como hipótesis principal al determinar las condiciones geomecánicas del macizo rocoso del cuerpo María Inés podemos realizar una evaluación de competencias de dichas rocas, a partir de la observaciones o ensayos simples para determinar la estabilidad de las aberturas con sostenimiento natural.

En cuanto el método utilizado para llevar adelante esta investigación, este deberá presentar un perfil aplicativo, con un nivel descriptivo y correlacional, un diseño cualitativo, no experimental y la muestra lo constituye el Cuerpo María Inés donde se viene llevando a cabo el método de minado. Finalizando la investigación, con las conclusiones siguientes Las características geomecánicas de la masa rocosa que contiene al cuerpo mineralizado María Inés son: compuesto de caliza y caliza metamorfozada, y recomendaciones respectivas. Para la calificación geomecánica de la masa rocosa donde se halla el cuerpo mineralizado María Inés se siguió la clasificación RMR de Bienawski. Para la evaluación de la veta cuerpo María Inés para aplicar taladros largos se realizó en base al método grafico de estabilidad. El sostenimiento sugerido es el de dejar pilares horizontales para aberturas de 10 m de ancho, 80 m de altura, y 100 m de largo, ubicadas sistemáticamente a 25 m, haciendo un total de 5 pilares cuyas dimensiones serán de 5m de ancho, 5 m de alto, 10 m de largo y no se usarán relleno.

Palabras claves: estabilidad, geomecánica, sostenimiento, cuerpo María Inés, taladros largos.

ABSTRACT

The title of this research is: “DETERMINATION OF THE STABILITY OF OPENINGS WITH NATURAL SUPPORT OF THE MARIA INES BODY, IN VOLCAN MINING COMPANY – VINCHOS UNIT.” Its main objective is to know the geomechanical conditions of the rock mass of the María Inés body to determine the stability of the openings with natural support, the main hypothesis was raised. By determining the geomechanical conditions of the rock mass of the María Inés body we can evaluate the competence of said rocks, based on observation or simple tests to determine the stability of the openings with natural support.

Regarding the methodology, the research carried out is of an applied type, with a descriptive and correlational level, a qualitative, non-experimental design and the sample is the María Inés Corps where the mining method is being carried out. Completing the investigation, with the following conclusions The geomechanical characteristics of the rock mass that contains the María Inés mineralized body are: composed of limestone and metamorphized limestone, and respective recommendations. For the geomechanical qualification of the rock mass where the María Inés mineralized body is located, Bienawski's RMR classification was followed. For the evaluation of the María Inés body vein to apply long drills, it was carried out based on the graphic stability method. The suggested support is to leave horizontal pillars for openings 10 m wide, 80 m high, and 100 m long, systematically located at 25 m, making a total of 5 pillars whose dimensions will be 5 m wide, 5 m high, 10 m long and no filler will be used.

Keywords: stability, geomechanics, support, María Inés body, long drills.

INTRODUCCIÓN

En las excavaciones subterráneas de la Unidad Minera Vinchos se han puesto en desarrollo y aplicado de manera continua varios tipos de sistemas de sostenimiento de roca. Estas estrategias para controlar las caídas de roca deben incluir estudios detallados a nivel de geología, geomecánica y mecánica estructural del material rocoso, además de introducir varios tipos de sistemas sostenimiento que ayuden a controlar la estabilidad de las labores temporales y permanentes.

Vemos que los factores inestables de una abertura en la explotación minera están dada cuando se carece de una adecuada geometría que responda a las propiedades físico – mecánicas del cuerpo de rocas con la abertura y el soporte artificial y/o natural. Este aspecto es motivo de la presente investigación.

En lo que se refiere a la organización de este trabajo, se presentara por capítulos siguiendo el siguiente orden:

El capítulo I está destinado a tratar el planteamiento del problema partiendo de la “determinación la estabilidad de las aberturas con sostenimiento natural del cuerpo María Inés, en compañía minera Volcán – Unidad Vinchos.”. Esta parte abarca el planteamiento del problema, la problemática general y específica, los objetivos tanto generales como específicos, las justificaciones y las razones de su importancia, además de las hipótesis y las descripciones de las variables, por ultimo las delimitaciones de la investigación y los posibles factores limitantes.

El Capítulo II, abarca el Marco Teórico donde se realiza un a revisión de los trabajos que anteceden a esta propuesta de la investigación sobre estabilidad de las aberturas. Se recoge las diferentes bases teóricas, en lo referente a geomecánica, su desarrollo, evolución, zoneamiento, instrumentos usados, sostenimiento, y el uso de los términos técnicos referidos a geomecánica.

Seguidamente, el Capítulo III, presenta la Metodología que se empleara, donde se trata del método de investigación utiliza, así como los niveles y tipos de investigación,

el diseño de la investigación, las muestras y poblaciones, las Técnicas y los instrumentos con los que se recogieron los datos y el procesamiento de estos.

En el Capítulo IV desarrolla los alcances de la investigación propiamente dicha, comenzando con aspectos de la mina, su geología, morfología, para luego ver la clasificación geomecánica del cuerpo María Inés tratando las características geotécnicas de la roca caliza, evaluación geomecánica del cuerpo María Inés para aplicar taladros largos, sostenimiento sugerido y relleno a aplicar

Por último, también se presentan las conclusiones y lo que se recomienda como aplicación de esta propuesta.

Y esta tesis cierra con la relación en detalle de las fuentes bibliográficas que se consultaron para su elaboración.

ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRAC

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

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

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes del problema.....	5
2.2.	Bases teóricas científicas	7
2.2.1.	Geomecánica	7
2.2.2.	Evaluación geomecánica	9
2.2.3.	Instrumentos Geomecánicos básico	18
2.2.4.	Operatividad de la zona inestable.....	18
2.2.5.	Sostenimiento en minería	21
2.3.	Definición conceptual	26
2.4.	Formulación de la hipótesis.....	29
2.4.1.	Hipótesis General	29
2.4.2.	Hipótesis específicas	29
2.5.	Identificación de variables	30
2.5.1.	Variables para la hipótesis general	30
2.5.2.	Variables para las hipótesis específicas.....	30
2.6.	Enfoque filosófico – epistémico	30

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	32
3.2.	Nivel de investigación.....	33
3.3.	Métodos de investigación	33
3.4.	Diseño de investigación	33

3.5.	Población y muestra.....	33
3.4.1.	Población.....	33
3.4.2.	Muestra	33
3.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	34
3.5.1.	Técnicas	34
3.5.2.	Instrumentos.....	35
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	35
3.8.	Orientación ética	36

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	37
4.1.1.	Generalidades de la mina	37
4.1.2.	Geología.....	40
4.1.3.	Clasificación geomecánica del cuerpo María Inés	45
4.1.4.	Calificación del Macizo rocoso del Cuerpo María Inés.....	51
4.1.5.	Sostenimiento sugerido	66
4.2.	Discusión de resultados	69

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagnostico geomecánico	11
Figura 2 Toma de información geomecánica	11
Figura 3 Estimación de la calidad del macizo rocoso	12
Figura 4 Análisis de la estabilidad estructuralmente controlada	13
Figura 5 Zonificación geomecánica integral	14
Figura 6 Zonificación geomecánica integral	15
Figura 7 Programa de auscultación diaria del frente de avance	15
Figura 8 Entrenamiento del Personal en sostenimiento	16
Figura 9 Capacitación teórica en programas de sostenimiento	17
Figura 10 Análisis de estabilidad de cuñas	20
Figura 11 Análisis de estabilidad tenso – deformacional	21
Figura 12 Pernos helicoidales	23
Figura 13 Pernos Split set	24
Figura 14 Pernos con anclaje de expansión	24
Figura 15 Cimbras	25
Figura 16 Shotcrete vía húmeda	26
Figura 17 Ubicación de la mina	38
Figura 18 Topografía de la mina Vinchos	39
Figura 19 Plano de la geología regional	40
Figura 20 Geología local	41
Figura 21 Columna estratigráfica	42
Figura 22 Pliegues en la zona de Vinchos	43

Figura 23 Sistema de fallas.....	43
Figura 24 Yacimiento del distrito minero de Vinchos.....	44
Figura 25 Cuerpos y vetas	45
Figura 26 Ensayo de resistencia a la compresión simple	46
Figura 27 Ensayo del índice de carga puntual	47
Figura 28 Ubicación de las muestras del cuerpo María Inés	47
Figura 29 Características estructurales del macizo rocoso Nivel 105.....	48
Nivel 125: Se identifica 2 sistemas de discontinuidades principales y secundario 1...	48
Principal: 70/360 - 62/168	48
Secundario: 88/253.....	48
Figura 30 Características estructurales del macizo rocoso Nivel 125.....	48
Figura 31 Características estructurales del macizo rocoso Nivel 145.....	49
Figura 32 Cuerpo María Inés	56
Figura 33 Factor de esfuerzo en la roca A, para diferentes valores de σ_c / σ_1	58
Figura 34 Factor de ajuste por orientación de las discontinuidades	58
Figura 35 Factor de ajuste por gravedad C, para caídas por gravedad y lajamientos, según Potvin	60
Figura 36 Factor de ajuste por gravedad C, para modos de falla por deslizamientos, según Potvin	60
Figura 37 Grafico de estabilidad	62
Figura 38 Factor de seguridad para una abertura de 80 m de altura y 10 m de ancho	
63	
Figura 39 Dirección de aberturas/Fracturas	64
Figura 40 Análisis 01 Principales Cuñas	65

Figura 41 Análisis 02 Cuña Inestable.....	65
Figura 42 Análisis 03 Pilar Horizontal.....	66
Figura 43 Ubicación de los pilares horizontales del cuerpo María Inés	67
Figura 44 Factor de seguridad de la abertura con los pilares	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características mecánicas del cuerpo María Inés	45
Tabla 2 Prueba a la compresión simple – Índice de carga puntual.....	46
Tabla 3 Clasificación del macizo rocoso valoración RMR	50
Tabla 4 Características geotécnicas de la roca caliza.....	50
Tabla 5 Calificación María Inés (Bieniawski, 1989)	53
Tabla 6 Factor de ajuste por orientación de las discontinuidades	54
Tabla 7 Clasificación de rocas según el total de evaluación.....	54
Tabla 8 Significado de la clasificación del macizo rocoso	54
Tabla 9 Numero de estabilidad N°	61
Tabla 10 Radio Hidráulico S	61

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

En operaciones subterráneas, específicamente en excavaciones de cuerpos de roca necesariamente se debe tener en cuenta las características y el perfil físico-mecánico del cuerpo rocoso que será intervenido, estas características deben ser recogidas cuando el macizo se encuentre intacto. Resulta determinante tomar estas medidas lo que se quiere es controlar las propiedades del macizo y utilizarlas a favor de la excavación para de esta manera poder garantizar condiciones de estabilización adecuadas a las labores que se realizarán en el cuerpo de rocas, con lo cual se puede llevar a cabo una labor subterránea segura y además con una vida operativa garantizada. Todo ello para garantizar la integridad del personal y del equipamiento utilizado con el fin de asegurar los niveles de productividad de las operaciones.

Vemos que el principal factor que causa condiciones de inestabilidad en una abertura en este tipo de labores de la mina es la ausencia de una adecuada geometría que pueda abarcar con suficiencia las distintas propiedades del perfil físico-mecánico del cuerpo de rocas con la abertura y el soporte natural y/o artificial. Este aspecto es motivo de la presente investigación.

Específicamente un diseño de perfil geotécnico demanda otro tipo de mirada sobre los sistemas para las explotaciones. En estos casos se deben ejecutar vigilando el control de cada sección de excavaciones con la finalidad de que se disturbe lo menos posible la roca circundante y de esta manera introducir un nuevo enfoque de la excavación subterránea permanente, en relación al uso o la vida operativa que se debe dar a la excavación.

Caracterizar geomecánicamente el sistema de excavación en la Unidad Minera Vinchos adecuadamente para una tipología determinada de roca, sobre todo si este material es el presenta mineral económicamente recuperable representa un motivo de investigación de mi tesis.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

La investigación se llevará a cabo en las instalaciones de la Unidad minera Vinchos de la Compañía Minera Volcán SAC. Que se halla ubicado en el distrito de Yarusyacan, provincia de Pasco, departamento de Pasco.

1.2.2. Delimitación temporal

El tiempo estimado para su realización es de 6 meses.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuáles son las condiciones geomecánicas del macizo rocoso del cuerpo María Inés para determinar la estabilidad de las aberturas con sostenimiento natural en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos?

1.3.2. Problemas específicos

Problema específico a.

¿Cuál debe ser la estabilidad y su factor de forma del techo y paredes del cuerpo María Inés en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos?

Problema específico b.

¿Qué tipo de sostenimiento se debe proponer en la extracción del cuerpo María Inés en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Conocer las condiciones geomecánicas del macizo rocoso del cuerpo María Inés para determinar la estabilidad de las aberturas con sostenimiento natural en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos

1.4.2. Objetivos específicos

Objetivo específico a.

Determinar la estabilidad y su factor de forma del techo y paredes del cuerpo María Inés en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos

Objetivo específico b.

Determinar el tipo de sostenimiento que se debe proponer en la extracción del cuerpo María Inés en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos

1.5. Justificación de la investigación

Llevar adelante esta propuesta encuentra dos tipos de justificación por un lado en el plano práctico en el plano teórico. A continuación, mostramos cada uno de ellos:

Justificación practica

Mediante la presente investigación conoceremos la geomecánica del macizo rocoso que rodea al cuerpo María Inés lo cual nos ayudara a determinar la estabilidad de las aberturas con sostenimiento natural en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos

Justificación teórica

La investigación que realizaremos, desde el punto de vista teórico nos permitirá aplicar conocimientos teóricos sobre la geomecánica aplicada a la

minería, así como la difusión de los conocimientos hallados en la presente investigación

Justificación económica

Nos permitirá los resultados hallados prolongar el tiempo de explotación del cuerpo María Inés lo que significará generar más recursos económicos para la empresa.

Justificación de seguridad

Al determinar la estabilidad y su factor de forma del cuerpo hará posible trabajar en mejores condiciones de seguridad el cuerpo María Inés

1.6. Limitaciones de la investigación

En cuanto a los posibles factores que pudieron limitar el desarrollo de este trabajo que se pueda encontrar no se tuvo alguno significativo al realizar la investigación.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

Contamos con los siguientes antecedentes, después de la revisión bibliográfica sobre el tema.

Primer antecedente

En la tesis (HINOSTROZA , 2019) titulado “Caracterización geomecánica en el análisis de estabilidad generados por la explotación subterránea compañía minera aurífera Retamas S.A.” cuyo objetivo fue: Conocer cuando se realiza el minado de los cuerpos mineralizados las características geomecánicas de estabilidad del macizo rocoso en Compañía Minera Retamas.

Como conclusiones presenta:

Las características geomecánicas que presenta la mina son: en cuanto al tipo de roca se tiene desde rocas de buena calidad a roca de mala calidad, debido a la geología estructural que presenta donde se puede observar fallas, discontinuidades, alteraciones producidas durante la mineralización.

El método de explotación se determinó en función a las condiciones más desfavorables de la calidad y tensión de la roca que circunda a la veta.

Dentro de las características del yacimiento minero se ve que son vetas hidrotermales, el control mineralógico más importante es la pirita, los métodos de

explotación empleados son corte y relleno ascendente convencional, cámaras y pilares y el long wall mining, el yacimiento posee 4 sistemas de discontinuidades.

Segundo antecedente

La tesis titulada “GEOMECANICA APLICADA AL DISEÑO DEL SOSTENIMIENTO PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LAS LABORES MINERAS EN LA MINA CARIDAD DE LA COMPAÑIA MINERA LINCUNA S.A. – 2017” presentado por (LAZARO, 2018) su objetivo fue:

Realizar el sostenimiento de las labores mineras en base a los datos geomecánicos que presenta la mina Caridad.

Las conclusiones que presenta son:

El yacimiento minero de la mina caridad tiene las siguientes calidades de roca realizada de acuerdo a la valorización RMR, roca de tipo IIIA, IIIB, IVA

En cuanto a la resistencia de compresión uniaxial presenta valores promedio de 135, 131, 73 MPa considerado como regular.

El sostenimiento empleado en la mina en las labores temporales son pernos Split set, pernos Hidrabolt, en los tajeos se usa sostenimiento con shotcrete, malla y pernos.

Tercer antecedente

En la tesis “EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DE LA MASA ROCOSA PARA SELECCIÓN DEL SOSTENIMIENTO - MINERA ANIMÓN 2022” de (MILLAN, 2022) cuyo objetivo fue, el de ver la influencia del aspecto geomecánico del macizo rocoso en la determinación del tipo de sostenimiento, así mismo analizar y determinar las características geomecánico de la mina Animon.

Como conclusión se tiene:

La calidad de la masa rocosa se tiene para las labores permanentes y temporales en la siguiente clasificación roca de tipo IIIB (RMR 31-40) y roca tipo IVA (21-30)

El sostenimiento para roca de tipo IVA (RMR 31-40 en labores permanentes emplear shotcrete de 3" de grosor, pernos hidrabolt 7 pies y malla electrosoldada, pernos hidrabolt 7 pies y una capa de shotcrete de 2".

El sostenimiento para roca de tipo IVB (RMR 21-30 en labores permanentes emplear shotcrete de 2" de grosor, pernos hidrabolt 7 pies y malla electrosoldada sobre esta malla lanzar shotcrete de 3"

El sostenimiento para roca de tipo IVA (RMR 31-40) y roca de tipo IVB (RMR 21-30) en labores temporales emplear shotcrete de 2" de grosor, pernos hidrabolt 7 pies y malla electrosoldada, pernos hidrabolt 7 pies.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Geomecánica

Concepto de geomecánica

En la actualidad este concepto es un factor determinante en las operaciones de minería, así como también en las de ingeniería civil. específicamente la geo mecánica representa las bases científicas en las que se apoyan los distintos desarrollos de ingeniería de minas, a comparación con la ingeniería civil, el concepto de "vida operativa" guía las peculiaridades de este tipo de aplicación geomecánica.

En cuanto a su aplicación este concepto resulta importante porque ayuda a garantizar las condiciones de seguridad en las operaciones mineras, debido a que te un análisis exhaustivo de las condiciones de estabilidad que presentan las labores de excavación a niveles subterráneos lo cual garantiza un diagnóstico acertado de las condiciones de seguridad en las labores subterráneas. (FLORES, 2012)

Desarrollo de la geomecánica

Su avance y desarrollos se produjo por varios factores como:

- Avance de las actividades científicas por medio de teorías, métodos, instrumentaciones, procedimientos de medidas y software de análisis Geomecánico
- Aumento de las operaciones mineras en cuanto al tamaño y volúmenes de producción en niveles subterráneos y de superficie
- Necesidad de explotación de recursos minerales en ambientes desfavorables de minado
- La preservación de los recursos humanos y la seguridad en las operaciones industriales. [Normas MEM]
- Aplicación de sistemas de estabilización total de los yacimientos.
- Avance de nuevas técnicas mecanizadas para asegurar el Sostenimiento (CORDOVA, 2008)

Beneficios de la geomecánica

- Ofrecer una garantía sobre las condiciones de seguridad en las excavaciones cuando se realicen labores subterráneo, por medio de un diagnóstico de las tensiones, niveles de presiones, deformaciones entre otros fenómenos que presentes el yacimiento.
- Permitir poder definir los niveles máximos para aberturas y tiempos de autos soporte en operaciones de excavación en minas que se encuentren en ejecución o en proyecto.
- Facilitar poder determinar a nivel estructural la estabilización para controlar las labores de preparación y explotación. Mediante la verificación en cada una de estas labores de las formaciones de bloques y cuñas que presenten características inestables.
- Permite la definición de la orientación que resulta más provechosa para las labores del minado específicamente en sus etapas de preparación y desarrollo.

- Permite un adecuado secuenciamiento de la explotación, en los niveles generales, así como en los particulares.
- Permite la definición adecuada de los sistemas de sostenimiento que se deben aplicar, mediante el uso de un estándar de sostenimiento que se encuentra en función del tiempo que estará expuesto a las labores de minado en sus etapas de desarrollo y explotación.
- Permite establecer un estándar para el título y la cantidad de sostenimiento necesario que debe aplicarse en cada una de las labores a ejecutarse además también de los tipos de relleno a emplear.
- Permite realizar la selección y el diseño de opciones de métodos nuevos y eficientes para las explotaciones futuras. Además de proponer variaciones al método que se encuentra en ejecución.
- Permite monitorear y realizar la verificación y validación de las opciones que se adoptaron en las etapas de diseño iniciales en las labores mineras (CORDOVA, 2008)

2.2.2. Evaluación geomecánica

En la evaluación geomecánica tendremos en cuenta los aspectos siguientes:

- Diagnostico Geomecánico
- Evaluación de la estabilidad
- Zoneamiento geomecánico
- Aplicación de la alternativa seleccionada
- Monitoreo y capacitación

Diagnostico Geomecánico

“Consiste en la tarea de recolectar la información en el campo, por medio del reconocimiento de las propiedades geomecánicas de la masa rocosa forma analítica - descriptiva.

El diagnóstico indica la etapa inicial del análisis de los factores de estabilización de las excavaciones subterráneas y/o superficiales. La toma de información deberá ser recopilada conforme a los siguientes procedimientos” (CORDOVA, 2008)

A) Mapeo por Celdas:

“Se trata de la labor que consiste en mapear cotidianamente para poder recoger la información de manera rápida acerca de los comportamientos geo mecánicos que presenta el macizo rocoso. Por eso es características se trata de un instrumento de diagnóstico efectivo debido a su criticidad en la etapa de recomendaciones de tipos de sostenimiento que se aplicarán. Recogiendo las propiedades geomecánicas básicas del macizo rocoso” (CORDOVA, 2008)

B) Mapeo por Línea de Detalle:

“Se trata de la realización de un mapeo exhaustivo que pueda recoger los comportamientos estructurales y geo mecánicos que presenten cada una de las discontinuidades y que se encuentren organizados en una Línea de Acción. Es como encontrar que este tipo de información se recabe en la ejecución de proyectos de análisis complejos” (CORDOVA, 2008)

C) Mapeo por Arco Rebatido:

Se trata del Mapeo que ofrece evidencias sobre la parte gráfica de los comportamientos estructurales del macizo, y además permite anexarlo a sus características geomecánicas ya determinadas. Este tipo de mapeo es aplicado a obras de máxima envergadura donde los registros de información son cruciales para la ejecución de un proyecto.

Todos los sistemas mencionados de recopilación de información deberán ser anexados a files de evaluaciones, afín de llevar un registro ordenado y clasificado del comportamiento del macizo rocoso en toda la vida de la Operación Minera (CORDOVA, 2008)

Figura 1

Diagnostico geomecánico



Figura 2

Toma de información geomecánica



Evaluación de estabilidad

“Este concepto viene de los diagnósticos e interpretaciones que se realizan geomecánica mediante una auscultación exhaustiva que se apoya en la gestión de los sistemas de valoraciones de calidades del cuerpo de rocas, determinado los niveles de inestabilidad presentes” (CORDOVA, 2008)

La evaluación geomecánica estará apoyada, con la instrumentación, así como con los ensayos de laboratorio.

Figura 3

Estimación de la calidad del macizo rocoso

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	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		

Simulaciones con herramientas de computo

“En la actualidad tus trabajos para analizar y evaluar las condiciones de estabilización de los bloques y cuñas se puede complementar usando Instrumentos informáticos, específicamente softwares especializados en modelamiento geomecánico. Estas herramientas ofrecen la posibilidad de gráfica la información que se obtiene de las labores Para establecer los comportamientos posibles condiciones de estabilización de los frentes a evaluar, a ello se las consideraciones geológicas, geomecánicas y sus características

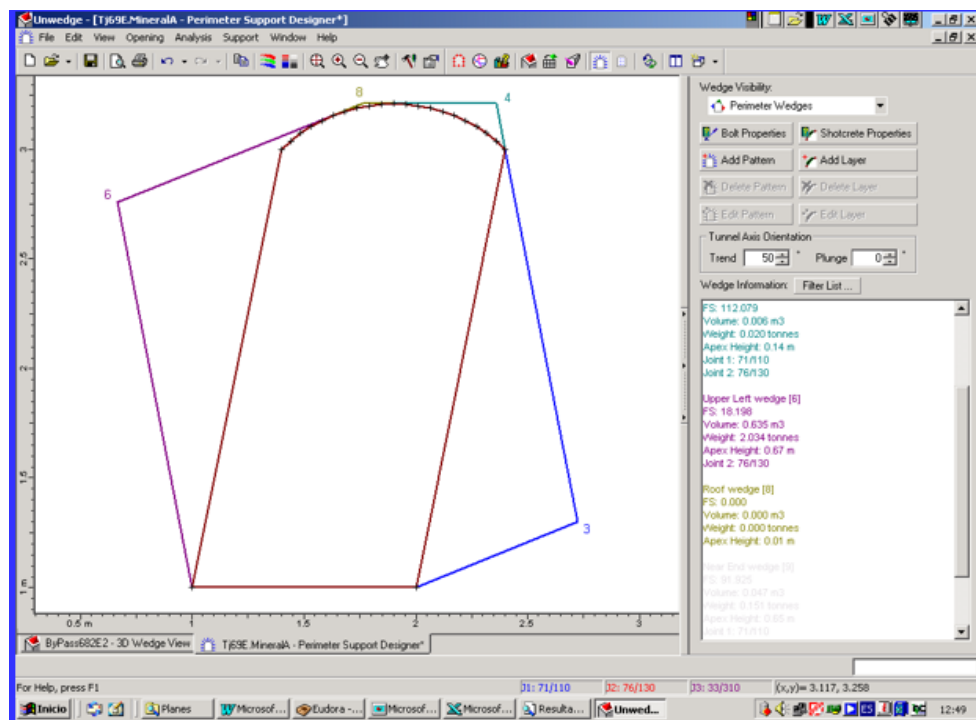
particulares todas ellas deben estar asociadas a las condiciones de estabilización de la zona a trabajar.

Aplicando estos instrumentos informáticos se hace posible la verificación en particular de los niveles de gravedad que pueden presentar los factores nocivos sobre las condiciones de estabilización que presenta el medio a trabajar, así como los bloques y las cuñas que se encuentran en la zona, además de sus dimensiones y su nivel y tipo de colapso y la posible área de influencia.

En ese mismo sentido un software especializado en geo mecánica puede modelar las medidas de sostenimiento idóneas para controlar los factores de inestabilidad, y con ello asegurar los elementos de seguridad” (CORDOVA, 2008)

Figura 4

Análisis de la estabilidad estructuralmente controlada



Zoneamiento geomecánico

“Este aspecto consiste en establecer el perfil en términos radiográficos de los principales atributos geo mecánicos del yacimiento rocoso.

Cómo resultado muestra los comportamientos estructurales, las valoraciones de las rocas, las estabilizaciones que se controlan estructuralmente y los niveles de inestabilización las categorías de riesgos de las zonas que se evaluaron.

En términos específicos se trata del carácter tanto cualitativo como cuantitativo que presenta el modelo geomecánico del macizo rocoso” (CORDOVA, 2008)

Figura 5

Zonificación geomecánica integral



Figura 6

Zonificación geomecánica integral

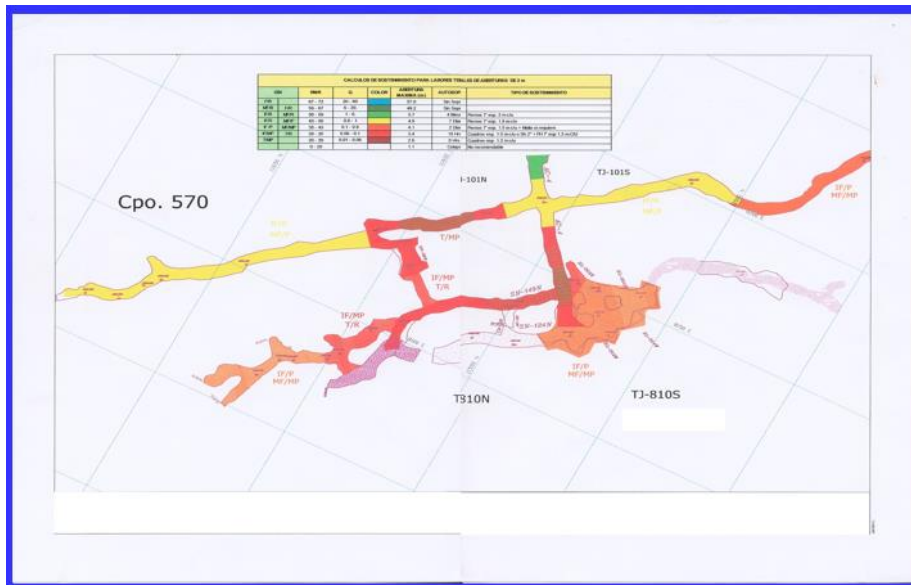


Figura 7

Programa de auscultación diaria del frente de avance

CARTILLA DE RECOMENDACIÓN DE SOSTENIMIENTO				Repasamiento de Ingeniería Mine y Procesos ÁREA DE GEOMECÁNICA																																																					
FECHA	DIARIA		TIEMPO EJECUCIÓN DEL SOSTENIMIENTO																																																						
NIVEL	COMUNAL																																																								
LÍNEA	SUPERVISOR GEOMECÁNICA																																																								
HORA	HORA DE RECOMENDACIONES																																																								
Nº	FECHA	PROGRESIVA	TIPO DE ROCA	CLASE	COLOR	TIPO SOSTENIMIENTO	OBSERVACIONES																																																		
1																																																									
2																																																									
3																																																									
DIAGRAMA DE SOSTENIMIENTO																																																									
1	2	3																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="8">CATEGORÍA DE SOSTENIMIENTO MECANIZADO</th> </tr> <tr> <th>TIPO ROCA</th> <th>CLASE</th> <th>COLOR</th> <th>S.M.A.</th> <th>ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA</th> <th>TIPO DE SOSTENIMIENTO PARA ESCAVACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BUENA</td> <td>II</td> <td>VERDE</td> <td>87 - 89</td> <td>Roca dura con muy pocas fracturas y pocas planicies, fracturas finas y pocas juntas.</td> <td>Sostentamiento en trípode según tipo de excavación, excepto algunos pilares.</td> </tr> <tr> <td>REGULAR-A</td> <td>III-A</td> <td>VERDE CLARO</td> <td>81 - 83</td> <td>Roca moderadamente dura, con algunas fracturas de tracción, fragmentos afilados, normales.</td> <td>Roca sustentada, aproximada a 1.50 m c/a.</td> </tr> <tr> <td>REGULAR-B</td> <td>III-B</td> <td>AMARILLO</td> <td>41 - 43</td> <td>Roca moderadamente blanda, con regular cantidad de fracturas y con presencia de algunas juntas normales, juntas y fracturas afiladas, normales, irregulares.</td> <td>Roca sustentada con 2' de longitud sustentada o con pilares, espaciados entre 1.50 m y 2.00 m, con malla de alambres de 1.5' de espesor.</td> </tr> <tr> <td>REGULAR-C</td> <td>IV-A</td> <td>AMARILLO OSCURO</td> <td>31 - 40</td> <td>Roca moderadamente blanda, con algunas fracturas normales, de tracción y juntas afiladas, con juntas en fracturas y fallas.</td> <td>Roca sustentada con 2' de longitud sustentada o con pilares espaciados de 1.5 a 2.0 m, con malla de alambres de 1.5' de espesor.</td> </tr> <tr> <td>REGULAR-D</td> <td>IV-B</td> <td>ROJO</td> <td>21 - 30</td> <td>Roca moderadamente blanda, con algunas fracturas normales, fragmentos afilados, con juntas y fallas normales y juntas.</td> <td>Roca sustentada con 2' de longitud sustentada o con pilares espaciados de 1.5 a 2.0 m, con malla de alambres y 1.5' de espesor.</td> </tr> <tr> <td>REGULAR-E</td> <td>V</td> <td>MARRÓN</td> <td>8 - 20</td> <td>Roca muy blanda moderadamente fragmentada, fracturas afiladas, con juntas normales y juntas.</td> <td>Cemento reforzado, espaciado de 1 a 1.5 m, con malla de alambres y 1.5' de espesor y pilares espaciados de 1.5 m.</td> </tr> </tbody> </table>								CATEGORÍA DE SOSTENIMIENTO MECANIZADO								TIPO ROCA	CLASE	COLOR	S.M.A.	ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA	TIPO DE SOSTENIMIENTO PARA ESCAVACIÓN	BUENA	II	VERDE	87 - 89	Roca dura con muy pocas fracturas y pocas planicies, fracturas finas y pocas juntas.	Sostentamiento en trípode según tipo de excavación, excepto algunos pilares.	REGULAR-A	III-A	VERDE CLARO	81 - 83	Roca moderadamente dura, con algunas fracturas de tracción, fragmentos afilados, normales.	Roca sustentada, aproximada a 1.50 m c/a.	REGULAR-B	III-B	AMARILLO	41 - 43	Roca moderadamente blanda, con regular cantidad de fracturas y con presencia de algunas juntas normales, juntas y fracturas afiladas, normales, irregulares.	Roca sustentada con 2' de longitud sustentada o con pilares, espaciados entre 1.50 m y 2.00 m, con malla de alambres de 1.5' de espesor.	REGULAR-C	IV-A	AMARILLO OSCURO	31 - 40	Roca moderadamente blanda, con algunas fracturas normales, de tracción y juntas afiladas, con juntas en fracturas y fallas.	Roca sustentada con 2' de longitud sustentada o con pilares espaciados de 1.5 a 2.0 m, con malla de alambres de 1.5' de espesor.	REGULAR-D	IV-B	ROJO	21 - 30	Roca moderadamente blanda, con algunas fracturas normales, fragmentos afilados, con juntas y fallas normales y juntas.	Roca sustentada con 2' de longitud sustentada o con pilares espaciados de 1.5 a 2.0 m, con malla de alambres y 1.5' de espesor.	REGULAR-E	V	MARRÓN	8 - 20	Roca muy blanda moderadamente fragmentada, fracturas afiladas, con juntas normales y juntas.	Cemento reforzado, espaciado de 1 a 1.5 m, con malla de alambres y 1.5' de espesor y pilares espaciados de 1.5 m.
CATEGORÍA DE SOSTENIMIENTO MECANIZADO																																																									
TIPO ROCA	CLASE	COLOR	S.M.A.	ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA	TIPO DE SOSTENIMIENTO PARA ESCAVACIÓN																																																				
BUENA	II	VERDE	87 - 89	Roca dura con muy pocas fracturas y pocas planicies, fracturas finas y pocas juntas.	Sostentamiento en trípode según tipo de excavación, excepto algunos pilares.																																																				
REGULAR-A	III-A	VERDE CLARO	81 - 83	Roca moderadamente dura, con algunas fracturas de tracción, fragmentos afilados, normales.	Roca sustentada, aproximada a 1.50 m c/a.																																																				
REGULAR-B	III-B	AMARILLO	41 - 43	Roca moderadamente blanda, con regular cantidad de fracturas y con presencia de algunas juntas normales, juntas y fracturas afiladas, normales, irregulares.	Roca sustentada con 2' de longitud sustentada o con pilares, espaciados entre 1.50 m y 2.00 m, con malla de alambres de 1.5' de espesor.																																																				
REGULAR-C	IV-A	AMARILLO OSCURO	31 - 40	Roca moderadamente blanda, con algunas fracturas normales, de tracción y juntas afiladas, con juntas en fracturas y fallas.	Roca sustentada con 2' de longitud sustentada o con pilares espaciados de 1.5 a 2.0 m, con malla de alambres de 1.5' de espesor.																																																				
REGULAR-D	IV-B	ROJO	21 - 30	Roca moderadamente blanda, con algunas fracturas normales, fragmentos afilados, con juntas y fallas normales y juntas.	Roca sustentada con 2' de longitud sustentada o con pilares espaciados de 1.5 a 2.0 m, con malla de alambres y 1.5' de espesor.																																																				
REGULAR-E	V	MARRÓN	8 - 20	Roca muy blanda moderadamente fragmentada, fracturas afiladas, con juntas normales y juntas.	Cemento reforzado, espaciado de 1 a 1.5 m, con malla de alambres y 1.5' de espesor y pilares espaciados de 1.5 m.																																																				
NOTAS ADICIONALES																																																									
SUPERVISOR DE GEOMECÁNICA		SUPERVISOR DE MINA		SUPERVISOR DE SEGURIDAD																																																					
RESPONSABLE LABOR				AFIANZANTE																																																					

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 (CORDOVA, 2008)

Entrenamiento y capacitación

“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.

La Capacitación - teórica, marca el paso inicial para los programas de Sostenimiento. Contribuyendo a la Seguridad Minera” (CORDOVA, 2008)

Figura 8

Entrenamiento del Personal en sostenimiento



Figura 9

Capacitación teórica en programas de sostenimiento



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.

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” (CORDOVA, 2008)

Ejemplo:

- Ensayos de Capacidad de Carga - Pruebas Pull Tests. [Anclajes].
- Medición de Puntos de Convergencia [Cintas extensométricas].
- Mediciones de Niveles de Vibraciones [Sismógrafos].

2.2.3. Instrumentos Geomecánicos básico

Tenemos:

Martillo de 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” (CISTERNA, 2018)

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” (CISTERNA, 2018)

Software Geomecánicos

DIPS: Análisis Estereográfico

UNWEDGE: Análisis de Estabilidad Estructuralmente Controlada.

PHASES: Simulación Tenso – Deformacional

Variables geomecánicas

2.2.4. 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 F. , 2018)

Dimensionamiento

“Vincula la evaluación del tamaño de las aberturas expuestas, producto del diseño minero, así como su nexos con aberturas vecinas.

En este tipo de contextos los dimensionamientos de las aberturas excavadas cobran un carácter determinante para elegir que alternativa de soporte utilizar, debido a que se conjugará elementos externos con una complejidad mayor cuanto más sean las dimensiones de las excavaciones” (ROJAS , 2016)

“Además, la tarea de determinar qué tipo de soporte es el adecuado compromete al dimensionamiento por medio de sus elementos que lo componen, de esta manera los equipamientos que se anexarán deben ser destinados correctamente para ser aplicados en el soporte que fue seleccionado inicialmente” (ROJAS , 2016)

Factor de seguridad (FS)

“Los factores de seguridad se aplican mediante un análisis y evaluaciones exhaustivas de los diseños de operaciones mineras destinados a controlar los elementos de estabilidad en las excavaciones. Estos factores se determinan teniendo en cuenta las condiciones geomecánicas que ofrecen yacimiento, así como también los tiempos de exposición en las labores.

Por otro lado, se debe realizar un análisis y control para establecer los grados de seguridad que demanda las labores mineras para las condiciones de estabilidad adecuadas para ello se debe tener en consideración varias alternativas sostenimiento que se aplicará, de manera que no se llegue a sobredimensionar los sistemas a elegir” (HOEK, BROWN, 1980)

Es justamente en este momento del desarrollo e implementación de los sistemas cuando las herramientas informáticas como los softwares Geomecánicos se convierten en determinantes, debido a que ofrecen la posibilidad de observar los grados y niveles de los factores de seguridad que se

encuentran en el yacimiento evaluado, lo cual permite implementar el sostenimiento adecuado que pueda los valores de la zona afectada.

Simulación y evaluación de variables geomecánicas

Esta etapa constituye la interpretación de las etapas de: identificación de la inestabilidad, operatividad de la zona Inestable y análisis de las variables de solución, 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” (HOEK, BROWN, 1980)

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

Figura 10

Análisis de estabilidad de cuñas

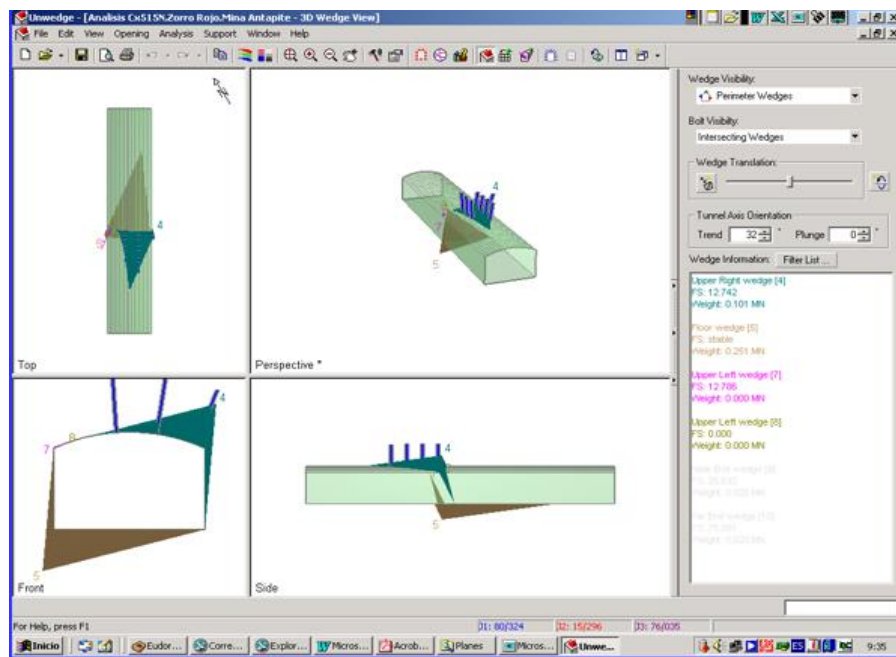
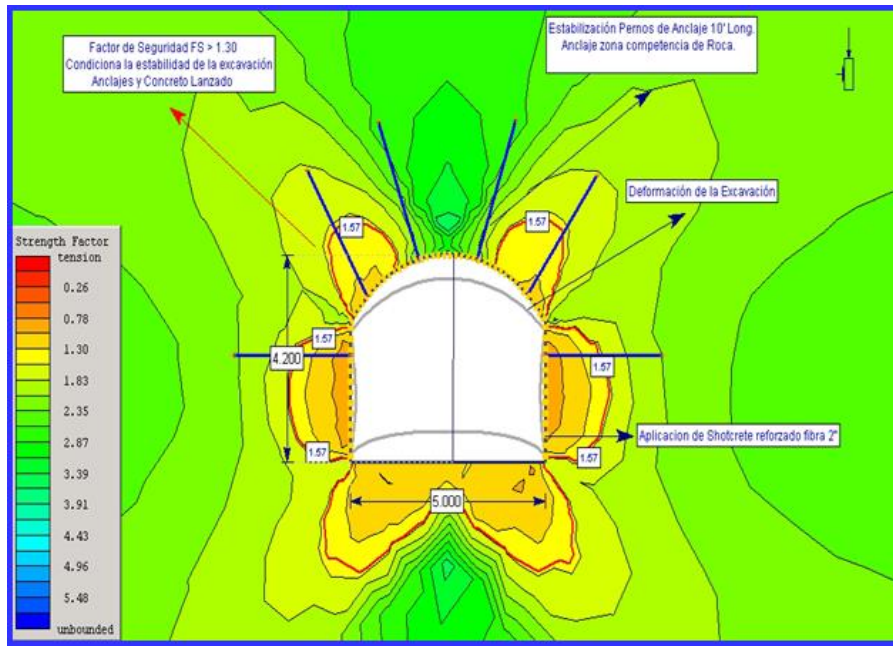


Figura 11

Análisis de estabilidad tenso – deformacional



2.2.5. Sostenimiento en minería

Clasificación del sostenimiento

De acuerdo a la función de cada soporte debe cumplir dentro del control de los factores de inestabilización del cuerpo de rocas, los distintos tipos de sostenimiento serán sometidos a una clasificación por categorías de soporte: Sostenimientos por Refuerzo y por Soporte.

Esta manera de clasificar los sostenimientos tiene su razón en la aplicación de los elementos del sistema en relación a su disposición frente al cuerpo de rocas.

En ese sentido dichos elementos podrían ser aplicados como soportes internos en este caso se denominaría sostenimiento por refuerzo o como soportes de manera externa, y en ese caso serían sostenimiento por soporte.

De acuerdo a su finalidad cada uno de estas opciones de soporte responden necesariamente el nivel de inestabilidad que presenta el yacimiento, así como a su complejidad la cual debe ser sostenida y que se evalúa por medio de su perfil geomecánico, y teniendo en cuenta las posibilidades operativas de la

empresa Minera. (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Sostenimiento por refuerzo

Cómo se señaló anteriormente la aplicación de este método de sostenimiento supone disponer de elementos de soporte al interior del cuerpo de rocas. En ese sentido los elementos más representativos para este tipo de sostenimiento en labores avanzadas son los Pernos de Anclaje [Bolt].

Así mismo si el sistema de sostenimiento supone elementos al interior del cuerpo de rocas los pernos a utilizar en el anclaje se clasifican en dos grupos: por adherencia y por fricción (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Pernos de Anclaje:

Barras Helicoidales - Anclaje por Adherencia.

Se requiere evaluar el perfil mecánico antes de instalarlos, así como las propiedades mecánicas después de instalarlos, específicamente la simbiosis roca y encapsulante:

“Parámetros de Análisis:

Límites de fluencia de aceros.

Resistencias a las tracciones del acero.

Resistencias a los cortes del acero.

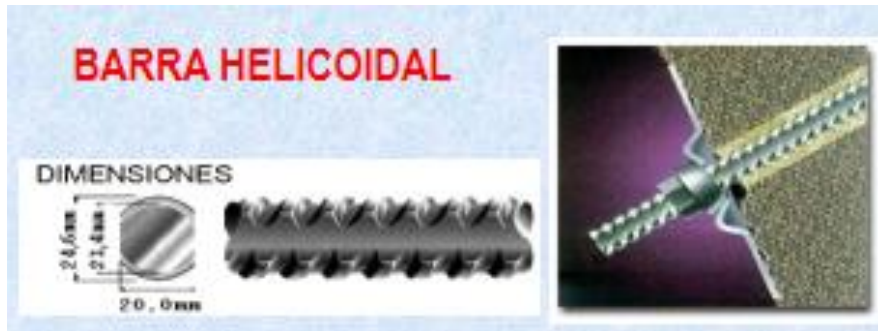
Capacidad de carga lograda.

Evaluación de deformación en curvas vs carga.

Las Barras Helicoidales constituyen el único elemento de sostenimiento capaz de soportar cargas en promedio de 20tn, superiores a cualquier otro tipo de anclaje” (DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL (DSI), 2018)

Figura 12

Pernos helicoidales



Pernos de Anclaje:

Split Set - Anclaje por Fricción.

Evaluación de las propiedades mecánicas preinstalación y propiedades mecánicas post instalación [simbiosis roca, calidad del acero]:

Parámetros de Análisis:

Límite de fluencia del acero. [Planchas]

Resistencia a la tracción del acero. [Planchas]

Capacidades de carga logradas.

Análisis de curvas deformación vs carga. [fricción].

Es importante que, durante la aplicación de este tipo de anclajes, la criticidad de su aplicabilidad se evidencia en el diámetro de perforación de los taladros donde serán insertados (DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL (DSI), 2018)

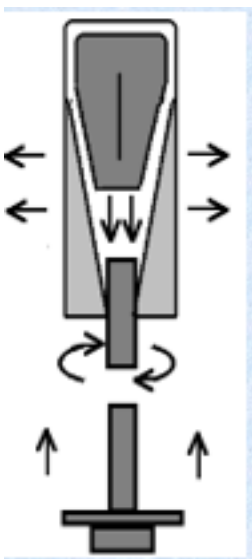
Figura 13

Pernos Split set



Figura 14

Pernos con anclaje de expansión



Sostenimiento por Soporte

Cómo se indicó anteriormente aplicar este tipo de sostenimiento supone tener en cuenta que los elementos para soportar la masa de rocas se encuentran al exterior del macizo. Los elementos más representativos de esta categoría de sostenimiento son los siguientes Por su tipo de aplicación: Concreto Lanzado - Shotcrete, Arcos de Acero, Cuadros de Madera.

Cimbras:

“Este tipo de sostenimiento requiere de realizar evaluaciones sobre perfil mecánico antes y después de su instalación:

Parámetros de Análisis:

Límites de fluencia de los aceros

Resistencias a las tracciones de los aceros.

Resistencia a la tracción del acero.

Resistencia al doblado.

Análisis Convergencia.

Monitoreo permanente de puntos de soldadura” (DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL (DSI), 2018)

Cuadros de Madera

“Parámetros de Análisis:

Resistencias a las Compresiones.

Resistencias a las flexotracciones.

Análisis de fibras vegetales.” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Figura 15

Cimbras



Shotcrete (concreto lanzado)

“Sistema puede ser definido como una combinación de distintos elementos que se realiza con anterioridad con la finalidad de sumar elementos de resistencia de determinados orientados al control de los distintos esfuerzos que se imparten en toda la extensión de cuerpo de rocas que se está excavando.

Parámetros de Análisis:

Calidad de los componentes de la mezcla.

Control adecuado de las Resistencias MPa.

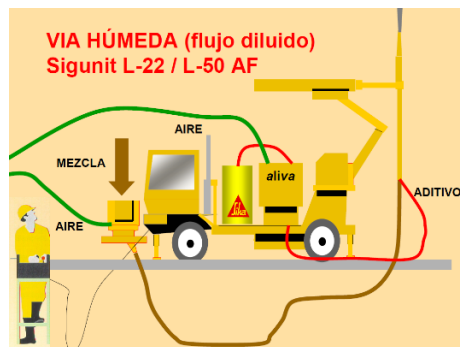
Análisis de la Tenacidad - Ensayos.

Análisis Granulométrico de agregados.

Ensayos de compresión bloques shotcrete” (MELBYE, 1994)

Figura 16

Shotcrete vía húmeda



2.3. Definición de términos conceptuales

Caracterización geomecánica

Se trata del “procedimiento que designa la calidad del cuerpo de rocas que se basa en números y técnicas que describen el perfil que cada cuerpo de rocas presenta presente” (CORDOVA, 2008)

Cartilla Geomecánica

“Es parte de las herramientas en las labores de campo y eso utilizada para establecer la caracterización del macizo rocoso, en ellas se indica la

identificación del tipo de roca que pertenece” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Discontinuidad

“En el macizo rocoso este fenómeno consiste en la separación entre los planos de origen sedimentario o mecánico y los bloques que presentan una matriz de roca” (Colegio de Ingenieros del Peru , 2006)

Estabilidad de aberturas

“En el caso de estabilidad de aberturas el diagnóstico debe tener en cuenta las posibles fallas son mecanismos de inestabilidad presentes en el macizo próximo a la zona donde se realizará la excavación, para ello se debe tener en cuenta la geometría de estas formaciones, el arreglo estructural del yacimiento, el perfil de resistencia y el nivel de influencias de los distintos esfuerzos presentes” (CORDOVA, 2008)

Factor de Seguridad

“Este elemento también se conoce como coeficiente de seguridad, se trata del resultado entre el cálculo de valor de la capacidad máxima del sistema frente al valor del requerimiento que se espera en términos y al cual será sometido dicho sistema”

GSI

“Se trata de las siglas del sistema: Geogical Stronger Index, que en su traducción al español quiere decir Índice Geológico de Resistencia”

Labores permanentes.

“Este tipo de labores en la mina presentan una duración que puede ser larga o permanente pues abarca toda la vida operativa de la mina. Es por esta característica que necesariamente requieren que se aplique un sostenimiento adecuado para garantizar un nivel de seguridad alto por sus características estas labores presentan niveles de tránsito constantes entre equipamiento y personal además de labores de construcción de las distintas instalaciones e

infraestructuras operativas” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Labores temporales.

“En el caso de este tipo de labores el requerimiento en cuanto al sistema de sostenimiento es temporal y sus características son menores en comparación con el sostenimiento permanente debido a que posteriormente a la explotación las zonas que querían el sostenimiento serán rellenadas” (SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA, 2004)

Mapeo Geomecánicos

“Se trata de la labor de recolectar información acerca del perfil y características de los elementos discontinuos, las condiciones que presenta la roca y los diversos factores que puedan” (CORDOVA, 2008)

RMR

“Se trata de un indicador que señala el grado de calidad del cuerpo rocoso. Sus valores se encuentran entre uno y 100, para ello se usa como escala de clasificación la Geomecánica de Bieniawski”

Sostenimiento

“Es el procedimiento cuya finalidad es asegurar que el espacio de labores en las excavaciones presente unos niveles de estabilización adecuados fijando las paredes de roca mediante distintas estrategias mecánicas.

Su importancia es esencial y determinante debido a que es la garantía de que las labores se desarrollen en condiciones óptimas evitando que sufran por desprendimiento de rocas, caída de bancos o planchones desde el sector superior o lateral de la galería” (LAZARO, 2018)

Sostenimiento de labores subterráneas:

“Está considerado como la estrategia más efectiva que garantiza las condiciones de estabilidad y equilibrio entre las magnitudes que presenta el

yacimiento sobre el que se realizará las excavaciones y los niveles de producción que exigirá las operaciones de explotación.” (RODRIGUEZ , 2018)

Zonificación Geomecánica

“Se trata de establecer los sectores partiendo de criterios geo mecánicos para destinarlos a desarrollar distintas actividades. En su conjunto este tipo de zonificación ayuda de manera precisa a establecer el perfil de los parámetros que caracteriza geológica y geotécnicamente al macizo de rocas” (RODRIGUEZ , 2018)

2.4. Formulación de la hipótesis

2.4.1. Hipótesis General

Al determinar las condiciones geomecánicas del macizo rocoso del cuerpo María Inés podemos evaluar la competencia de dichas rocas, a partir de la observación o ensayos simples para determinar la estabilidad de las aberturas con sostenimiento natural en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos

2.4.2. Hipótesis específicas

Hipótesis específica a

Consideramos para que haya la estabilidad y su factor de forma del techo y paredes sean lo más adecuados del cuerpo María Inés sus valores deben estar altura del cuerpo 80 m. como máximo, longitud de 100 m y ancho de 10 m. como máximo, en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos

Hipótesis específica b

El tipo de sostenimiento se debe diseñar, para la extracción del cuerpo María Inés es la de pilares horizontales cuyas dimensiones son de 5 m de ancho, 5 m de alto y 10 m de largo como mínimo; a la vez se usará pernos Split Set y malla electrosoldada en los subniveles, en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variables para la hipótesis general

Condiciones geomecánicas del macizo rocoso

Competencia de las rocas

2.5.2. Variables para las hipótesis específicas

- **Variables para la hipótesis específica a**

Estabilidad y factor de forma del techo y paredes

Dimensiones del cuerpo

- **Variables para la hipótesis específica b**

Tipo de sostenimiento

Pilares horizontales

Pernos Split set y malla electrosoldada

2.6. Enfoque filosófico – epistémico

Esta propuesta se basa en un enfoque pragmatista que en términos académicos se denomina cualitativo debido a sus fundamentos inductivo. Por medio de este enfoque pretendo extender mi interés hacia la comprensión de fenómenos existentes muy característicos de los factores de esta de aberturas en las labores subterráneas en las operaciones de mina.

Asimismo, en este trabajo se procuró desarrollar un enfoque epistemológico hipotético deductivo debido a que cuando se realiza investigaciones vinculadas a las aplicaciones de la técnica geomecánica en labores mineras subterráneas se desarrollan partiendo de conceptos, teorías, principios que se orientan a intentar deducir un resultado para nuestra investigación.

En términos generales nuestro objetivo es plantear un procedimiento de investigación que sea innovador y creativo pero que a la vez tenga en cuenta los antecedentes ya planteados para de esa manera poder realizar la aplicación de los conocimientos de la geomecánica minera.

Cómo es de nuestro conocimiento que en el campo del conocimiento minero existen teorías y autores de los cuales podemos aprovechar sus propuestas para aplicarlas en casos específicos con el fin de alcanzar un desarrollo útil para nuestra actividad minera, por esos motivos y esas finalidades nuestra propuesta seguía por una filosofía con fines pragmáticos.

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación se llevara a cabo mediante el tipo de investigación aplicada porque mediante el conocimiento de la geomecánica determinaremos las condiciones geomecánicas del cuerpo María Inés determinaremos la estabilidad de las aberturas con la finalidad de determinar el sistema de sostenimiento adecuado que se empleará, como dice: “concentrar la atención en las posibilidades reales de materializar en la práctica las nociones teóricas a nivel general y destinar los esfuerzos a dar solución las necesidades que se plantea a nivel social y las personas” (BAENA , 2017)

3.2. Nivel de investigación

En cuanto al nivel será de un nivel descriptivo y correlacional porque vamos a describir la geomecánica e la roca que circunda al cuerpo María Inés y estableceremos la relación que hay en cuanto a las condiciones geomecánicas de la roca y las aberturas de las labores como dice Supo y Caveró “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. Métodos de investigación

En esta ocasión emplearemos la metodología científica porque nuestra investigación lo llevaremos mediante una estructura sistemática, ordenada para llegar a los resultados esperados como nos dice Vara y Horna “ podemos definir esta metodología como el procedimiento que sistematiza el conocimiento con la finalidad de producir un saber científico que consiste en el planteamiento de un determinado problema y la fundamentación y formulación de hipótesis tentativas además de la necesaria deducción de sus implicancias a nivel empírico, y por último la observación y experimentación de su hipótesis para la determinación de su aceptación o rechazo de acuerdo a las evidencias mostradas” (VARA, HORNA, 2010)

3.4. Diseño de investigación

En este caso se eligió un perfil no experimental por la razón que no habrá modificación de variables durante la realización de este estudio, y cómo se señala: “este el desenvolvimiento de los fenómenos en su contexto de formación con el fin de elaborar un análisis adecuado” (HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, 2014)

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

El grupo poblacional para este estudio estará conformado por la totalidad de las vetas, cuerpos que existen en la Unidad Minera Vinchos como dice Mayra Badajoz “porción o segmento del grupo poblacional de interés, que concentra las mismas características que la totalidad de individuos que componen todo el grupo” (BADAJOZ, 2020)

3.5.2. Muestra

La muestra lo constituye el Cuerpo María Inés donde se viene llevando a cabo el método de minado, también respaldado por el siguiente enunciado

“porción a parte de la población de interés, que refleja las mismas características que la población” (BADAJOZ, 2020)

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Técnicas

Las técnicas que emplearemos en nuestra investigación son los siguientes:

- **La observación directa**

Usaremos esta técnica porque observaremos el comportamiento del macizo rocoso en la estabilidad de las labores al usar sostenimiento natural en el minado del cuerpo María Inés, como nos dice “se trata de la técnica consistente en la observación del fenómeno en su desarrollo con la finalidad de elaborar un análisis adecuado a las características del fenómeno, en este caso el científico tiene la posibilidad de poder ver directamente el desenvolvimiento del fenómeno y poder abstraer datos reales que no hayan sido alterados por algún tipo de evaluación”

- **La recopilación documental**

Haremos huso de esta técnica para poder analizar la información existente en los archivos de la empresa referente al cuerpo mineralizado María Inés, lo cual nos permitirá conseguir los objetivos propuestos, como nos menciona “este método es consistente examinación de datos que se encuentran en la documentación presentada además de archivos físicos, archivos electrónicos, informes, actas, reportes, registros, estudios, ensayos, tesis entre otros. realizar este tipo de revisión resuelta importante porque permite conocer el estado de la cuestión en diferentes etapas temporales”

- **La técnica de la geomecánica**

Técnica muy empleada en este tipo de estudios la cual consiste en la elaboración del perfil característico que nos presenta el yacimiento, además de elaborar el modelamiento estructural de la mina, realizar un diagnóstico

del diseño, monitorear el estado de la mina, monitorear los niveles de rendimientos del cuerpo de rocas y realizar los diagnósticos necesarios

3.6.2. Instrumentos

Dentro de los instrumentos tenemos

- **La guía de observación**

Mediante este instrumento podremos realizar una observación directa con la finalidad de recabar información que no haya sido alterada por alguna otra evaluación.

- **La recopilación de datos**

Contamos como instrumentos la documentación presentada además de archivos físicos, archivos electrónicos, informes, actas, reportes, registros, estudios, ensayos, tesis entre otros. realizar este tipo de revisión resuelta importante porque permite conocer el estado de la cuestión en diferentes etapas temporales.

- **Internet**

Instrumento que ofrece información abundante que en la actualidad se ha convertido en el principal medio para obtener datos e informaciones específicas.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Mediante los análisis de la información y su procesamiento podremos ordenar, resumir los datos recogidos, observados de tal manera que puedan proporcionar adecuadas a las preguntas que plantea la investigación como lo señala: “para elaborar un análisis en primer lugar se debe realizar el registro de campo mediante una base de datos, en la que se debe ordenar y clasificar todos los datos recibidos y que serán analizados de acuerdo a los requerimientos. Después la información que se obtenga deberá ser organizada en tablas, para su posterior cálculo numérico y en gráficos para su mejor observación”

3.8. Orientación ética

Al realizar la investigación tratamos de realizar nuestro trabajo bajo los principios que rigen la profesión de ingeniería de minas, practicando la honestidad, responsabilidad, veracidad, respetando a las instituciones, a las personas y evitando en lo posible cometer errores.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Generalidades de la mina

➤ Ubicación

Para ubicar correctamente estas operaciones se debe tomar como punto de referencia la ciudad de Cerro de Pasco, a partir de ahí en una orientación norte a unos 19 km se encuentra Vinchos, conocido por ser un distrito minero. Esta localidad se encuentra dentro de la jurisdicción distrital de Pallanchacra que pertenece provincial y departamental mente a Pasco.

➤ Accesibilidad

VÍAS DE ACCESO LIMA – CERRO DE PASCO

Estas operaciones mineras son accesibles desde la ciudad de Lima en dirección a Cerro de Pasco, La conexión se realiza por carretera y totaliza unos 434 kilómetros que son cubiertos en unas 7 horas aproximadamente.

VÍAS DE ACCESO VINCHOS - PASCO.

La carretera de acceso principal recibe el nombre de: Daniel A. Carrión Vinchos, Chichurraquina, Huicra, Cerro de Pasco. Afirmada

Distancia: 47 (km)

Tiempo: 1h 45min

Nombre Ruta Trocha: Tingo Palca Vinchos, La Merced de Jarria, Anasquizgue, Tingo Palca, Cerro de Pasco.

Distancia: 57 (km)

Tiempo: 2h

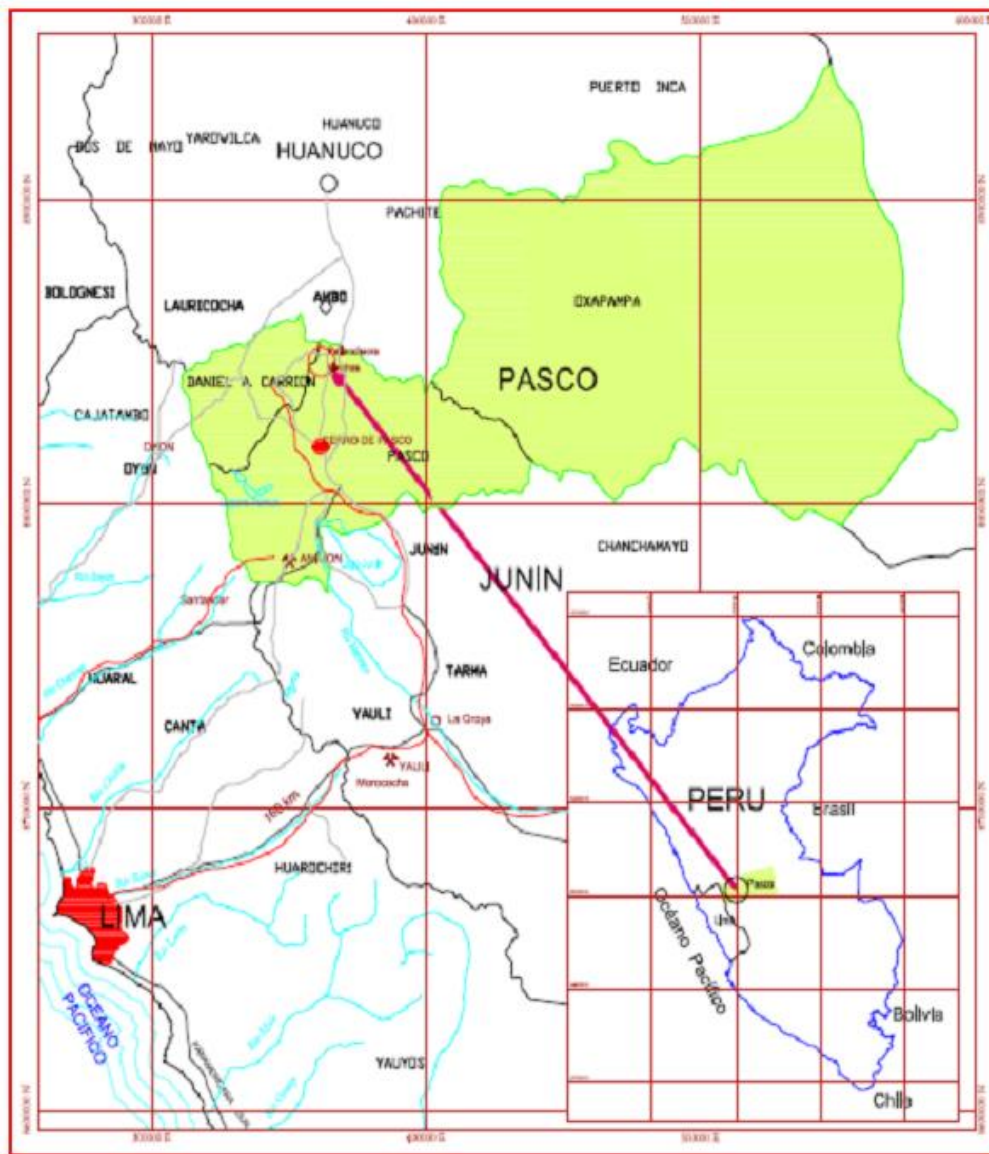
Nombre Ruta Afirmada - Asfaltada: Carretera Central Vinchos, La Merced de Jarria, Huariaca, Cerro de Pasco

Distancia: 78 (km)

Tiempo: 2h

Figura 17

Ubicación de la mina



➤ **Fisiografía y topografía**

En términos generales el lugar presenta una topografía que está conformada por cerros o denominadas cumbres escarpadas que se elevan hasta alcanzar el afloramiento rocoso que presente una pendiente de pronunciamiento mediano, además ahí la presencia de llanos y ondulaciones, así como de altura media también con ondulaciones.

La localidad que se denomina Vinchos, donde se realizan las operaciones de esta unidad minera se encuentra en la proximidad de la divisoria de aguas que reparten en micro las que después iniciarán los valles con pendientes empinadas y moderadas por último las quebradas en su sección más profunda presentan presencia de lagunas de menor dimensión.

Figura 18

Topografía de la mina Vinchos



4.1.2. Geología

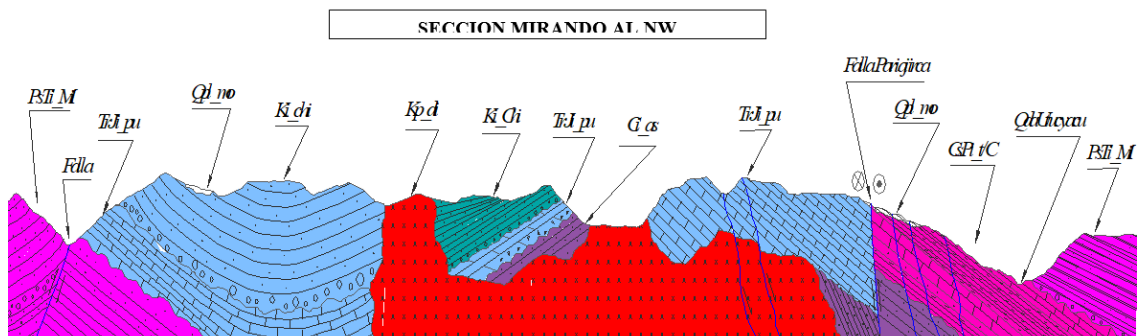
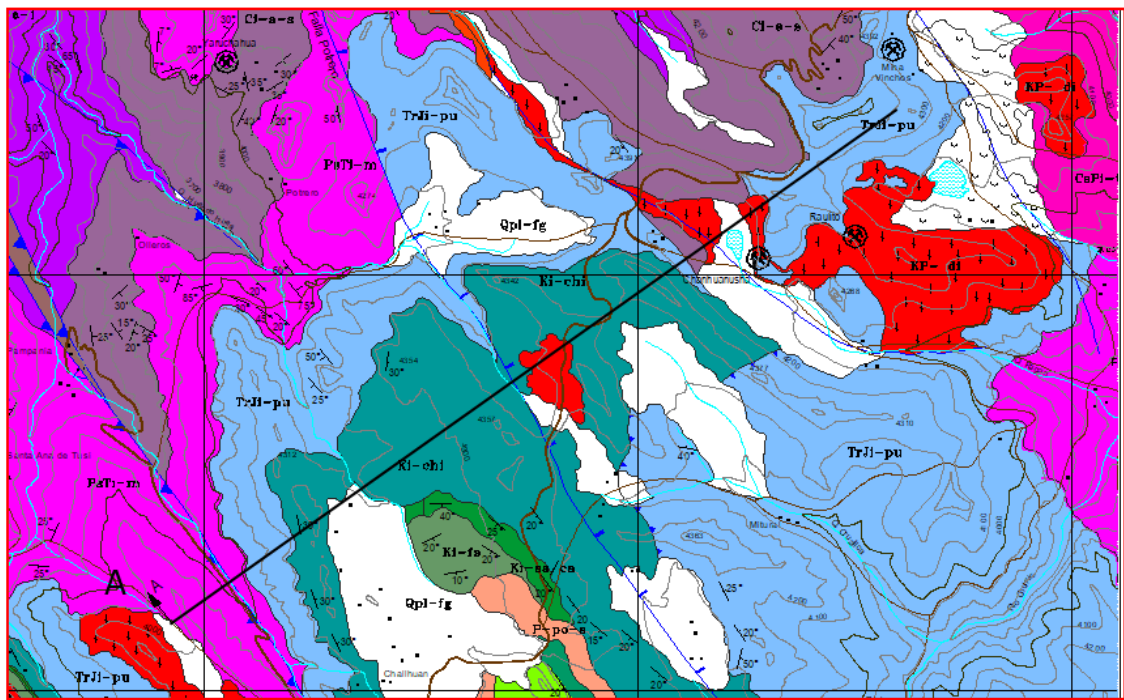
Geología regional

Este emplazamiento en tanto distrito minero se encuentra conformado por material rocoso sedimentario, con características metamórficos e ígneas intrusivas cuya datación revela presencia desde el Paleozoico hasta alcanzar el Cenozoico.

En términos estructurales este macizo se encuentra estructuralmente relacionado con el corredor de Pariajirca cuya continuidad se orienta hacia el sur para poder formar estructuralmente el Sistema Milpo-Atacocha.

Figura 19

Plano de la geología regional





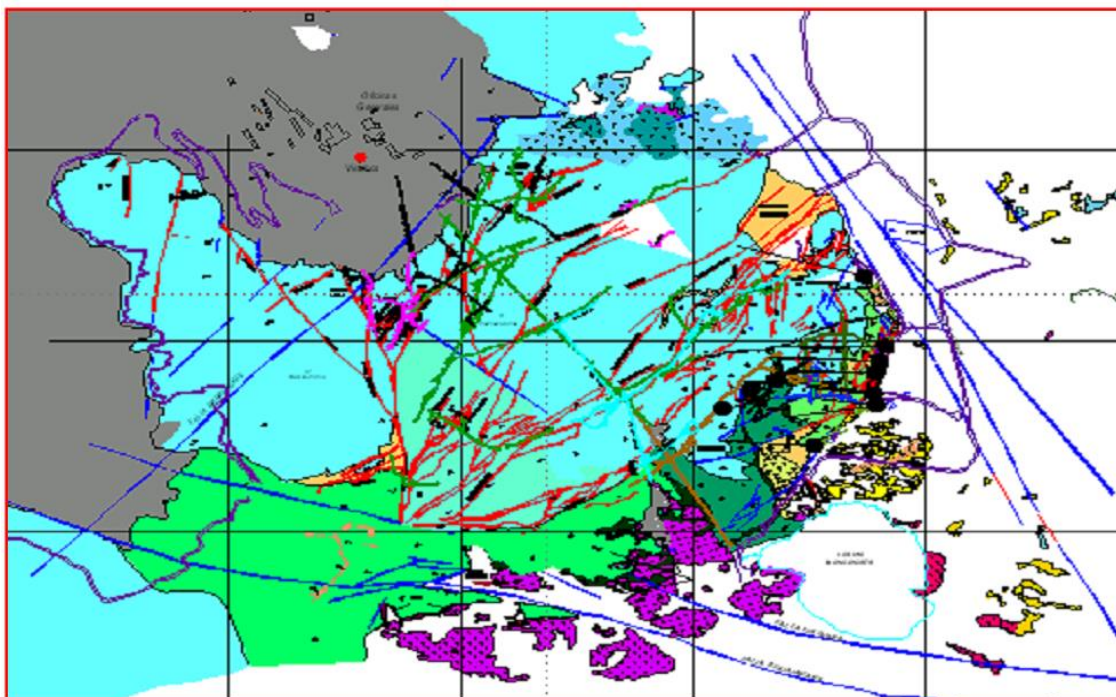
Geología local

Este emplazamiento se encuentra ubicado sobre material rocoso de origen ígneo intrusivo además de material sedimentario. El cual tiene presencia desde el Paleozoico hasta alcanzar el Mesozoico.

Por otro lado, se puede evidenciar gran presencia de la formación de grupos rocosos que se encuentran detallados en el registro estratigráfico local, se encuentran desde los más antiguos hasta los recientes (ver plano adjunto):

Figura 20

Geología local



LITOLÓGIA	
Depositos Morrenicos	Qpl-mo
Diorita	kp-df
Form. Chimú	Ki-chi
Grupo Pucara	TrJi-pu
Grupo Mitu	PaTi-m
Grupo Ambo Sup	Ci-a-s

Figura 21

Columna estratigráfica

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES LITOSTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS		
				PLUTÓNICAS	HIPABISALES	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depositos aluviales	Q-al		
			Depositos Coluviales	Q-c		
			Depositos fluvio-glaciales	Q-fg		
			Depositos Morrenicos	Q-mo		
Depositos Aluviales			Q-pl			
	PALEOGENO	EOCENO	Formación Casapetes	KP-ca	KP-ca, pl kp-df	Tonalita granodiorita Diorita
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	Formación Jumbas	Kj-j		
		INFERIOR	Fm. Chimo-Parkambo	Ch-ki Ch-ki		
			Grupo Goyllariqucha	Xg-g		
	JURASICO	INFERIOR	Fm. Condorsinga	J-c		
	TRIASICO	SUPERIOR	Fm. Aramachay	J-ra		
			Fm. Chembari	J-ch		
	PALEOZOICO	PERMICO	SUPERIOR	Grupo Mitu	Pa-m	Pa-gr
INFERIOR			Fm. Tarma-Copacabana	CP-ta		
CARBONIFERO			Grupo Ambo	CI-a		
			Grupo Exaltor	SD-e		
DEVONICO		INFERIOR	Fm. Conlaya	D-c		
SILURICO						
ORDOVICICO	MEDIO					
PRE-CAMBRIANO	COMPLEJO MARAÑÓN		Esquistos	Pa-ome		
			Gneis	Pa-ong		

Geología estructural

En términos estructurales el yacimiento de Vinchos presenta un perfil característico de los macizos que fueron afectados directamente por las Fases Tectónicas Tardihercínica y Andina. Este hecho se evidencia claramente en el material rocoso paleozoico que pertenece al Grupo Excelsior con muestras de distintas etapas de esquistosidad y micropliegues con fuertes niveles de deformación.

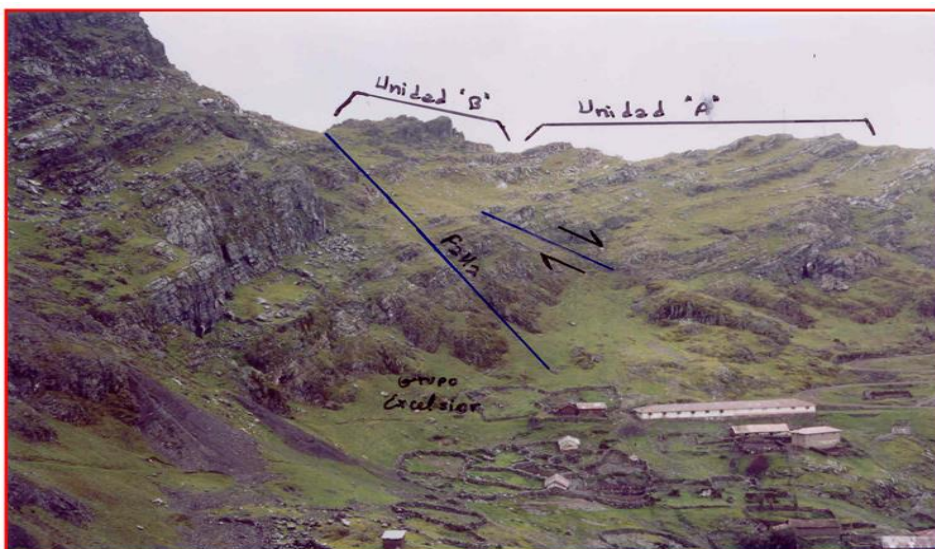
Figura 22

Pliegues en la zona de Vinchos



Figura 23

Sistema de fallas



Geología económica

Estos yacimientos presentan un perfil económico porfirítico que se caracteriza por la presencia de distintos pulsos intrusivos que al cortar la caliza del grupo Pucará producen reemplazamientos de tipo skarn por contacto en este caso el fluido caliente al fugarse abre los emplazamientos en forma de vetas. Produciendo con ello el reemplazo del material rocoso carbonatado para aprovechar estructuralmente el comportamiento del yacimiento y generar ensanchamiento de los cuerpos en los niveles más favorables. Por otro lado, a nivel estructural al producir esta asociación de tipo porfirítica se produjo el emplazamiento estructural dentro del corredor Pariajirca en el cual los cuerpos de brecha que se encontraban en asociación generaron un pórfido de débil alteración hidrotermal.

La Zona Nueva comprende los Cuerpos María Inés, Balarín 2 y Scarlet, y las Vetas Balarín 1, Balarín 2, Haswuz y María Teresa.

Figura 24

Yacimiento del distrito minero de Vinchos

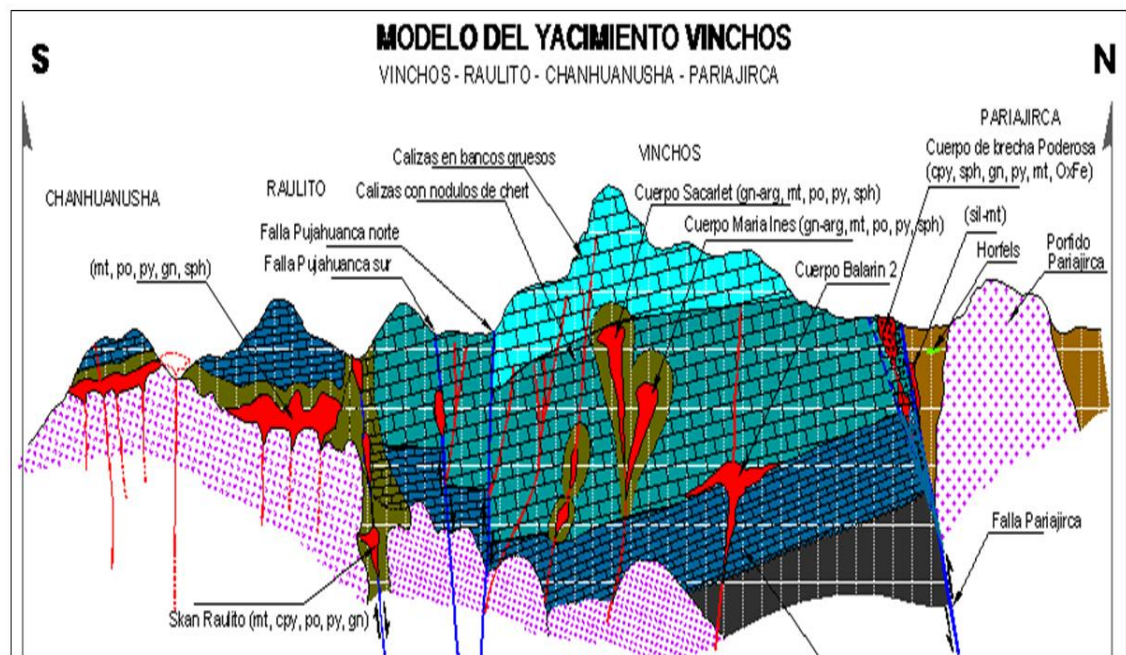
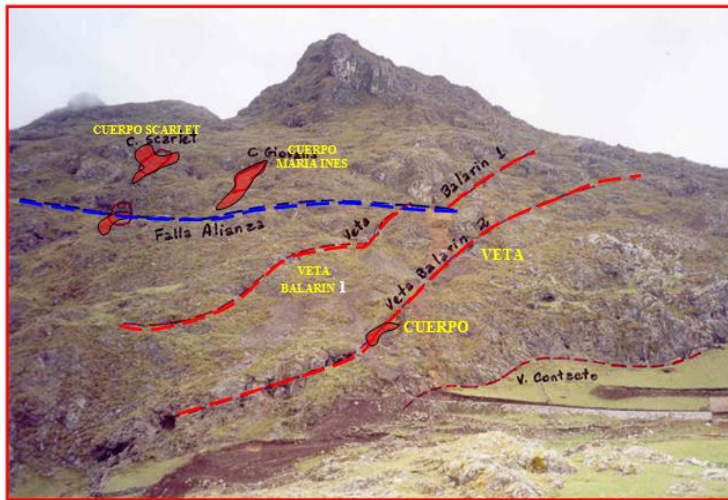


Figura 25

Cuerpos y vetas



4.1.3. Clasificación geomecánica del cuerpo María Inés

a. Características mecánicas de las rocas

El cuerpo de rocas María Inés en sus características de paredes o cajas se compone de calizas y calizas metamorfizadas, cuya presentación alcanza los siguientes parámetros técnicos y cuyo resultado en los ensayos son los que se muestran a continuación:

Tabla 1

Características mecánicas del cuerpo María Inés

Material	Peso Unitario (Ton/m ³)	Resistencia Compresión Simple (Mpa)	Modulo De Young (Mpa)	Relación de Poisson	Cohesión (Kpa)	Angulo De Fricción interna
Caliza	2.4	65 – 115	15000-20000	0.25-0.3	110-130	22 – 27
Caliza Metamorfizada	2.6	95 – 130	20000-30000	0.2-0.25	130-160	27 – 33

El lugar elegido para realizar las pruebas de propiedades mecánicas del material rocoso fue el laboratorio de Mecánicas de suelos “Volcán Cerro de Pasco”

Tabla 2

Prueba a la compresión simple – Índice de carga puntual

Descripcion	Nivel	Diametro Cm.	Area Cm ²	Carga	Kg/Cm ²	Longitud Cm.	Carga Puntual Kg/Cm ²
ME-185-09 Caja-01.00m.	185	3,6	10,1788	7890	775,14	6,9	100
ME-145-13 Caja-66.00m.	145	3,6	10,1788	1820	178,8	3,8	80
ME-145-14 Caja-65.50m.	145	3,6	10,1788	13030	1280,1	6,1	85
ME-145-14 Caja-78.00m.	165	3,6	10,1788	9580	941,18	6,9	75
ME-145-21 Caja-0.80m.	145	3,6	10,1788	12950	1272,3	3,9	95
ME-105-27 Caja-11.15m.	105	3,6	10,1788	6430	631,71	5,2	40
ME-105-27 Caja-28.70m.	105	3,6	10,1788	11840	1163,2	6,9	105

Figura 26

Ensayo de resistencia a la compresión simple



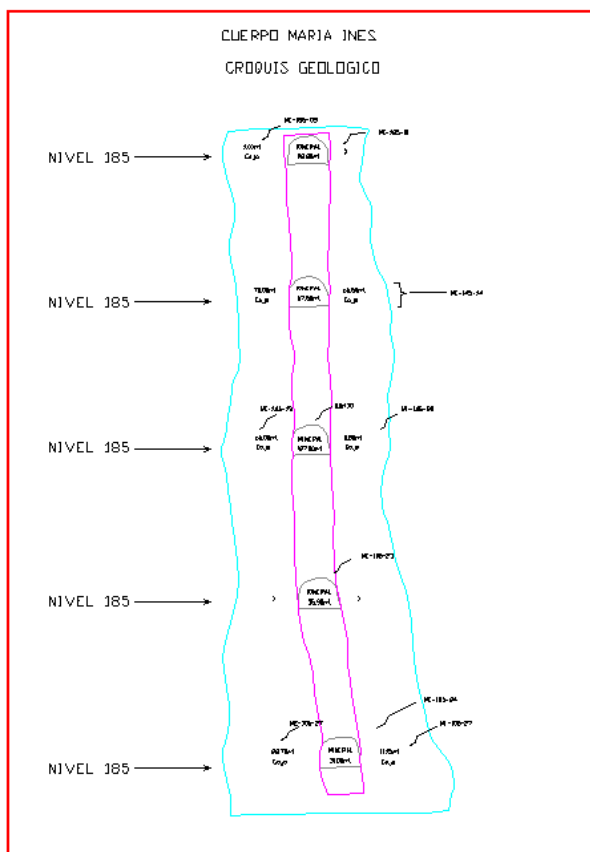
Figura 27

Ensayo del índice de carga puntual



Figura 28

Ubicación de las muestras del cuerpo María Inés



b. Características estructurales del macizo rocoso

La recopilación de estructuras se estableció en distintos Sub-Niveles que presenta en el cuerpo María Inés.

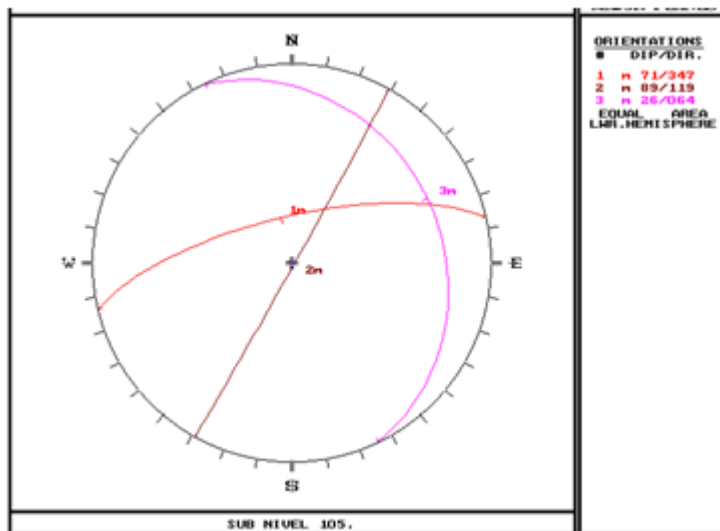
Nivel 105: Se identificaron 2 sistemas de discontinuidades principales y secundarios 1 (Buzamiento/Dirección de Buzamiento).

Principal: 71/347 - 89/119

Secundario: 26/064

Figura 29

Características estructurales del macizo rocoso Nivel 105



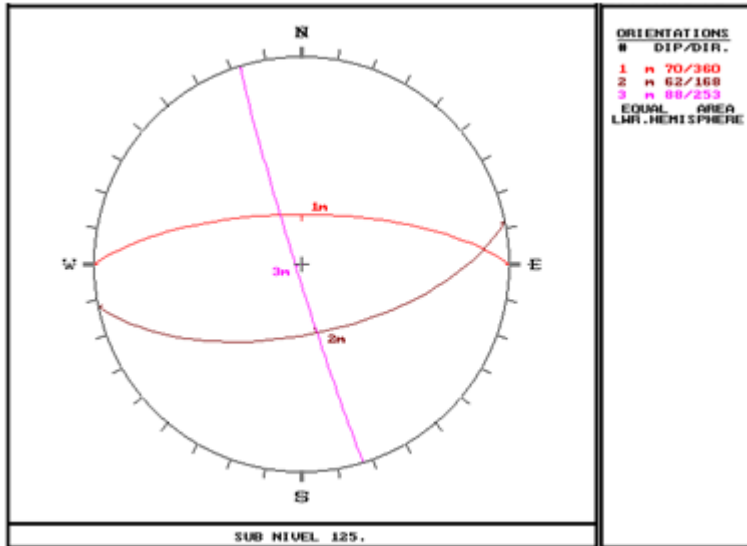
Nivel 125: Se identifica 2 sistemas de discontinuidades principales y secundario 1.

Principal: 70/360 - 62/168

Secundario: 88/253

Figura 30

Características estructurales del macizo rocoso Nivel 125

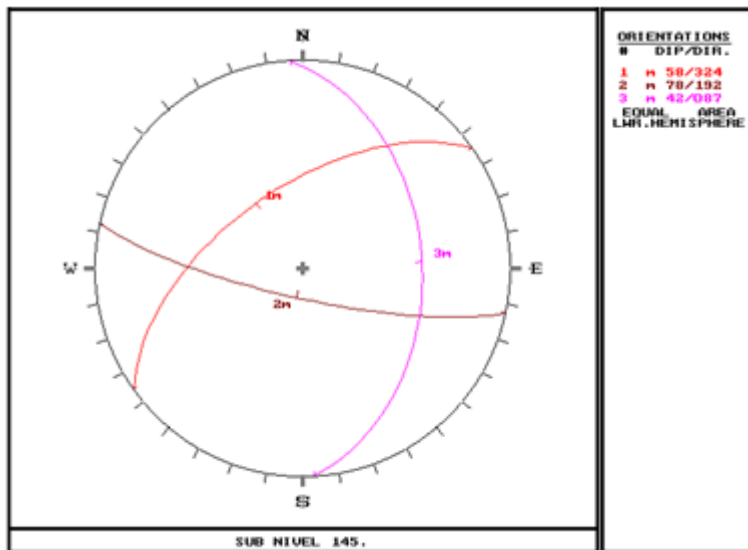


Nivel 145: Se identifica 3 sistemas de discontinuidades principales.

Principal: 58/324 - 78/192 - 42/087

Figura 31

Características estructurales del macizo rocoso Nivel 145



Clasificación del macizo rocoso según RMR

Para ellos se utilizó el sistema que Bieniawski estableció en el año 1979. A ello se le añaden 5 variables del macizo rocoso que se determinaba del cuerpo de rocas. En el caso de María Inés el establecido es TIPO II – BUENA

Tabla 3

Clasificación del macizo rocoso valoración RMR

PARAMETRO	ESCALA S DE VALORES						VALORACION			
	RESIST. COMPRES. UNIAxIAL (MPa)	>200 (15)	100-200 (12)	X	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <10(1) <3(0)	1	7	
RQD %	90-100 (20)	X	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2	17		
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	X	0.6-2 (15)	0.2-0.6 (10)	0.06-0.2 (8)	<0.06 (5)	3	15		
CONDICION DE JUNTAS	PER SISTENCIA	<1m long. (6)	X	1-3 m Long. (4)	3-10m (2)	10-20 m (1)	>20 m (0)	4A	4	
	ABERTURA	Cerrada (6)		<0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	X	1-5 mm (1)	> 5mm (0)	4B	1
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)		Rugosa (5)	X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
	RELLENO	Limpia (6)		Duro < 5mm (4)	X	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	2
	ALTERACION	Sana (6)		Lig.Alterada. (5)	X	Mod.Alterada. (3)	Muy Alterada. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10		
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =								62		
CLASE DE MACIZO ROCOSO										
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0					
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA					

Características geotécnicas de la roca caliza

Para efectos de este estudio sólo se considerará el material rocoso que formó parte de las excavaciones que fueron programadas en este caso se trató de material Caliza. este material presenta una pigmentación que va desde el gris hasta el gris oscuro, su composición es compacta, debido a que presenta una durabilidad de niveles altos por encontrarse metamorfozada con un perfil marmolizado. Además, se consideró parámetros técnicos de otro material rocoso con similares características pertenecientes a la zona de Cerro de Pasco, sin embargo, no se puede establecer cuán confiable son esos datos debido a la tipología del material.

En cambio, los criterios geotécnicos que se consideraron para el material caliza del yacimiento Pucará son los que a continuación se muestran:

Tabla 4

Características geotécnicas de la roca caliza

MATERIAL	PESO UNITARIO (Ton/m³)	REISTENCIA COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)	MODULO DE YOUNG (Mpa)	RELACION DE POISSON	COHESIÓN (Kpa)	ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA
Roca Caliza	2.4	30	3000	0.3	130	22
Roca Caliza Metamorfozada	2.6	60	9000	0.25	160	27

Al momento de realizar esta evaluación debe hacer la consideración que la caracterización geotécnica se encontró en función del perfil característico que presentaba el material rocoso intacto, motivo por el cual solo es posible indicar las propiedades puntuales para llevar a cabo la evaluación. Además, hay que tener en cuenta que la evaluación de este macizo definirá el nivel de estabilidad de las excavaciones.

Por otra parte, la tarea de clasificar los cuerpos de roca tiene el objetivo de alcanzar una evaluación de las competencias del material partiendo de su observación en su contexto natural y además de realizar ensayos simples que busquen establecer un índice de y compararlo con las experiencias anteriores. A partir de ellos se pueden establecer las distintas necesidades para el sistema de sostenimiento y de excavaciones con la finalidad de implementar el más adecuado que garantice una obra ejecutable en óptimas condiciones. Asimismo, la planificación y ejecución de estos sistemas debe contribuir a la posibilidad de que el plan inicial pueda ser modificado cuando sea necesario debido a las condiciones que presente el yacimiento y que no hayan sido previstas en las primeras planeaciones del proyecto.

4.1.4. Calificación del Macizo rocoso del Cuerpo María Inés

En el caso del yacimiento María Inés la clasificación del material rocoso que se encuentra en su emplazamiento deberá seguir los siguientes criterios que se mencionaron anteriormente y a continuación se muestran los resultados obtenidos:

a. Resistencia de la roca intacta

Tomando como referencia los criterios de clasificación que Bieniawski estableció en 1989 se pudo establecer una caracterización y clasificación del material caliza con lo cual se pudo identificarla como una Caliza Marmolizada.

Material rocoso:

Caliza Marmolizada

Resistencia a las compresiones simples: 50-80 Mpa

Calificación Bieniawski: 7

b. Designación de la calidad de la roca RQD

Partiendo de las evidencias de testigos que se evaluaron en la ciudad de Cerro de Pasco se pudo comprobar que el RQD de casi la totalidad los afloramientos de Caliza exploradas por medio de perforaciones diamantadas donde se recuperaron muestras alcanzan los niveles de 75 a 90%.

R.Q.D.: 75 – 90 %

Calificación: 17

c. Espaciamiento de las discontinuidades

En galerías para la exploración (105, 145, 185) se pudo evaluar el nivel de espaciamiento que presentaban las discontinuidades, en ese caso los resultados encontrados mostraron un espaciamiento amplio que alcanzaba entre 1.5 y 3 metros de separación en los grupos evaluados.

Espaciamiento de discontinuidades: 1.0 m hasta 2.5 m.

Calificación: 25

d. Estado de las discontinuidades

Los sectores laterales de las discontinuidades presentan una superficie rugosa con espacios de separación que no llegan a un 1 mm, estos elementos no alcanzan a alterar las paredes, demás presentan una extensión de dimensiones regulares y no se evidencia rellenos en la mayoría de los casos.

Estado de Discontinuidades: Algo rugoso, separaciones menores a 1 mm.

Calificación: 20

e. Condición de las aguas subterráneas

En este caso el escenario se muestra favorable, debido a que durante las evaluaciones no se registró presencia de agua en las secciones que fueron estudiados.

Sin embargo, a la altura del nivel 105 si se registró la presencia y agua, pero en pocas cantidades, la evaluación concluyó que su origen era de humedad por goteos.

Aguas Subterráneas: humedad proveniente de aguas intersticiales

Calificación: 7

Calificación María Inés (Bieniawski, 1989)

Tabla 5

Calificación María Inés (Bieniawski, 1989)

PARÁMETRO			ESCALAS DE VALORES						
1	Resistencia de la roca inalterada	Índice de la carga de punta	>8 Mpa	4-8 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para esta escala tan baja se prefiere la prueba de la resistencia a la comp. uniaxial.		
		Resist.com p uniaxial	>200 Mpa	100-200 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	10-25 MPa	3-10 MPa	1-3 MPa
	Valuación		15	12	7	4	2	1	0
2	Índice de calidad de la roca, RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Valuación		20	17	13	8	3		
3	Espaciamiento de juntas		> 3 m	1-3 m	0.3-1 m	50-300 mm	< 50 mm		
	Valuación		30	25	20	10	5		
4	Estado de las discontinuidades		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación. Paredes de roca dura.	Superficies algo rugosas, separación < 1mm paredes de roca dura	Superficies algo rugosas. Separación < 1 mm paredes de roca suave	Superficies pulidas o relleno < 5 mm Esp. O fisuras Abiertas 1-5 mm fisuras continuas	Relleno blando < 5 mm O fisuras abiertas < 5 mm fisuras continuas		
	Valuación		25	20	12	6	0		
5	Aguas Subterráneas	Cantidad de infiltración por 10 m de túnel	Ninguna		< 25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min		
		Presión De agua							
		Relación ----- Esfuerzo principal o Mayor	Cero		0.0-0.2	0.2-0.5	> 0.5		
	Situación general	Totalmente seco		Sólo húmedo (agua de intersticios)	Ligera presión de agua	Serios problemas de Agua			
Valuación		10		7	4	0			

TOTAL 76 (A)

Factor de ajuste por orientación de las discontinuidades (B)

Tabla 6

Factor de ajuste por orientación de las discontinuidades

Orientación de rumbo y Echado de las fisuras		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Valuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

$$\text{CALIFICACIÓN} = \text{RESULTADO A} - \text{RESULTADO B}$$

$$\text{CALIFICACIÓN} = 76 - 2$$

$$\text{CALIFICACIÓN} = 74$$

Clasificación de rocas según el total de evaluación

Tabla 7

Clasificación de rocas según el total de evaluación

Valuación	100-81	80-61	60-41	40-21	< 20
Clasificación N°.	I	II	II	IV	V
Descripción	Muy buena roca	Buena roca	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala

Significado de la clasificación del macizo rocoso

Tabla 8

Significado de la clasificación del macizo rocoso

Clasificación N°.	I	II	III	IV	V
Tiempo medio de sostén	10 años para claro de 5 m	6 meses para claro de 4 m	1 semana para claro de 3 m	5 horas para claro de 15 m	10 minutos para claro de 0.5 m
Cohesión de la roca	> 300 KPa	200-300 KPa	150-200 KPa	100-150 KPa	< 100 KPa
Angulo de fricción de la roca	> 45°	40°-45°	35°-40°	30°-35°	< 30°

Evaluación geomecánica de la veta – cuerpo María Inés para la aplicación de taladros largos

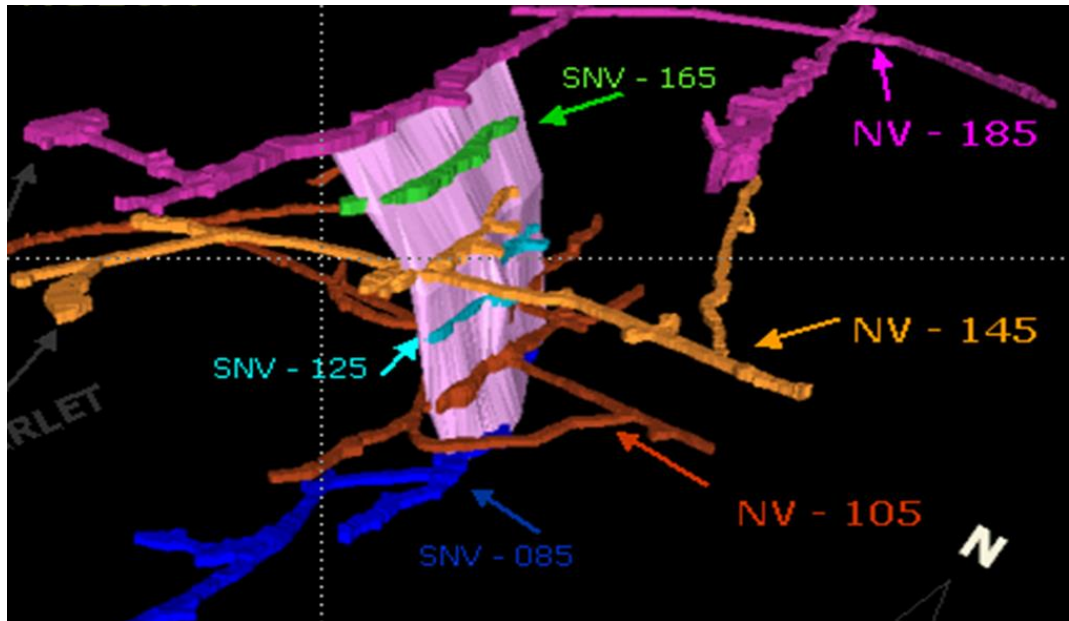
Para realizar la evaluación siguiente se consignó información del tajo María Inés entre sus niveles 4105 - 4185. A partir de ahí se pudo elaborar el mapeo geomecánico y tomar datos de fracturas: direcciones de buzamiento, buzamientos, aberturas, rellenos, rugosidad, alteración, dureza, etc. Con el objetivo de poder establecer los niveles de las aberturas máximas, el tiempo máximo de autoporte del macizo y el tipo de sostenimiento. Con la finalidad de poder aplicar adecuadamente los talados largos.

Para ello se debió utilizar Método de análisis Gráfico de Estabilidad propuesto por Hoek E, Kaiser

En resumen, este procedimiento es posible debido al cálculo de dos factores: N' y S . Donde N representa Número de estabilidad modificado y con ello se puede establecer la capacidad del macizo para conservar su estabilidad cuando sea sometido a esfuerzos determinados. En el segundo caso S representa el Factor de Forma o Radio Hidráulico por el cual se puede considerar las dimensiones del tajo en forma y tamaño.

Figura 32

Cuerpo María Inés



Aplicación del método gráfico de estabilidad

Numero de estabilidad modificado

N es El Número de estabilidad y está definido por:

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

Donde: Q' es el Índice de Calidad Tunelera Q modificado.

A es el factor de esfuerzos en la roca.

B es el factor por ajuste de orientación de las juntas

C es el factor de ajuste gravitacional.

Calidad tunelera Q'

Este índice puede ser calculado de igual manera que el índice de Calidad de la roca Q (Barton et. al. 1974) estándar. Sin embargo, se debe precisar que el factor de esfuerzos debe cambiar cuando se le asigna un valor de 1.00. Además, este procedimiento no se aplicó en condiciones significativas de presencia subterránea de agua, en ese caso el valor asignado a J_w es 1.00. Ahora bien, la

evidencia indica que en estas operaciones la presencia de agua no suele tener una gran significancia.

Para el caso de determinar el Índice de Calidad Tunelera modificado Q' hay que seguir la siguiente fórmula:

$$Q' = (RQD/Jn) \times (Jr/Ja)$$

En esta zona el RQD presentan una variación que va desde 70% y puede alcanzar 90%, lo que señala las valoraciones más representativas de las estructuras mineralizadas.

Factor de esfuerzo en la roca (A)

En este caso este factor se orienta a determinar el esfuerzo que actúa en la cara libre en profundidad aproximadamente entre 30 y 40 m de puente entre la sección superior de la abertura y la superficie. Para determinar este factor se debe partir del nivel de resistencia la compresión no confinada en material intacto " σ_c " y además el nivel de esfuerzos actuantes paralelos a las caras expuestas del tajeo que se encuentren en consideración " σ_1 ".

En ese sentido el Factor de esfuerzo en la roca A, se determina partiendo de la equivalencia entre σ_c / σ_1 que es la resistencia de la roca intacta a esfuerzo compresivo inducido 20 a 25MPa sobre el borde de la abertura:

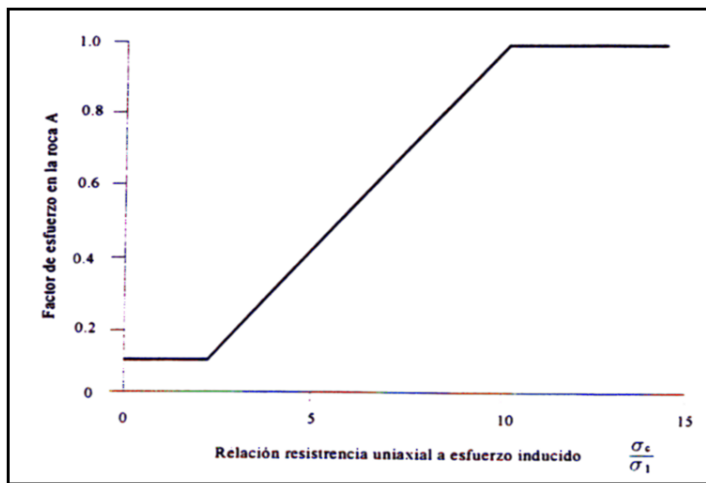
$$\text{Para } \sigma_c / \sigma_1 < 2 \quad A = 0.1$$

$$\text{Para } 2 < \sigma_c / \sigma_1 < 10 \quad A = 0.1125 \times (\sigma_c / \sigma_1) - 0.125$$

$$\text{Para } \sigma_c / \sigma_1 > 10 \quad A = 1.0$$

Figura 33

Factor de esfuerzo en la roca A, para diferentes valores de σ_c / σ_1

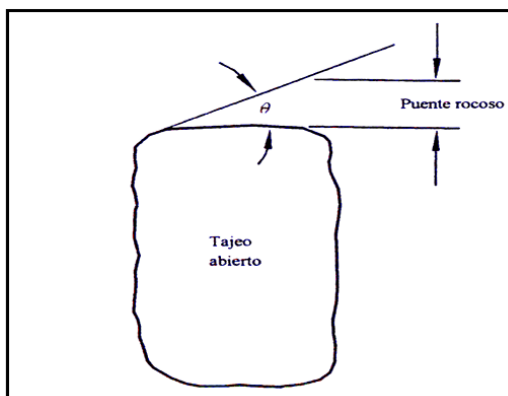


Factor de ajuste por orientación de los sistemas de discontinuidades

Para poder establecer este factor se debe tomar en consideración las influencias que pueda ejercer sobre la estabilización de las caras del tajeo, debido a que en varios eventos de falla estructural controlada se pudo observar que ocurrieron a lo largo de las discontinuidades críticas, las que formaban un ángulo pequeño con la superficie libre. Una circunstancia determinante el control del ángulo entre las discontinuidades y la superficie, debido a que si su dimensión es pequeña puede resultar en la rotura puente de roca intacto cuando las voladuras se produzcan.

Figura 34

Factor de ajuste por orientación de las discontinuidades



Factor de ajuste por efecto de la gravedad (C)

Se trata de un factor que considera el efecto de ajuste que proporciona la gravedad. Debido a que la sección superior del túnel puede producir fallas como desprendimientos inducidos justamente por acción de la gravedad incluso desde las paredes del tajeo por acción de deslizamientos o lanzamientos.

En este tipo de casos Potvin en el año 1988 propuso que una falla inducida por gravedad como es el caso de los falle por lanzamientos guardan una estrecha relación con el nivel de inclinación que presenta la superficie que puede estar entre 72° - 75° α . Para casos como éste hay que calcular la relación partiendo de los valores $C = 8 - 6\cos \alpha$, o en todo caso determinarlo teniendo como base el diagrama graficado.

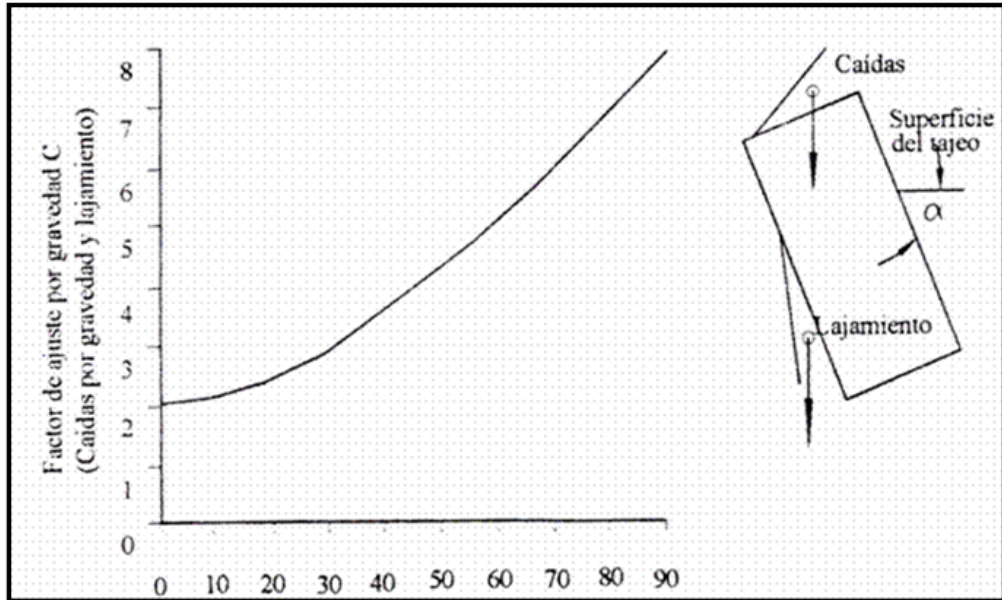
Este factor presenta valores máximos de 8 para superficies verticales y valores mínimo de 2 para las secciones superiores con orientación horizontales en el tajeo.

Además, el fallamiento debido a deslizamientos depende de las inclinaciones β entre las discontinuidades críticas, y el factor de ajuste C.

El factor C debe tener en consideración que el tajeo presenta una orientación que lo influye. De manera que se realiza una comparación entre la geometría se podrá ver si este presentaría una falla en la sección de Lajas o un pandeamiento de la caja techo.

Figura 35

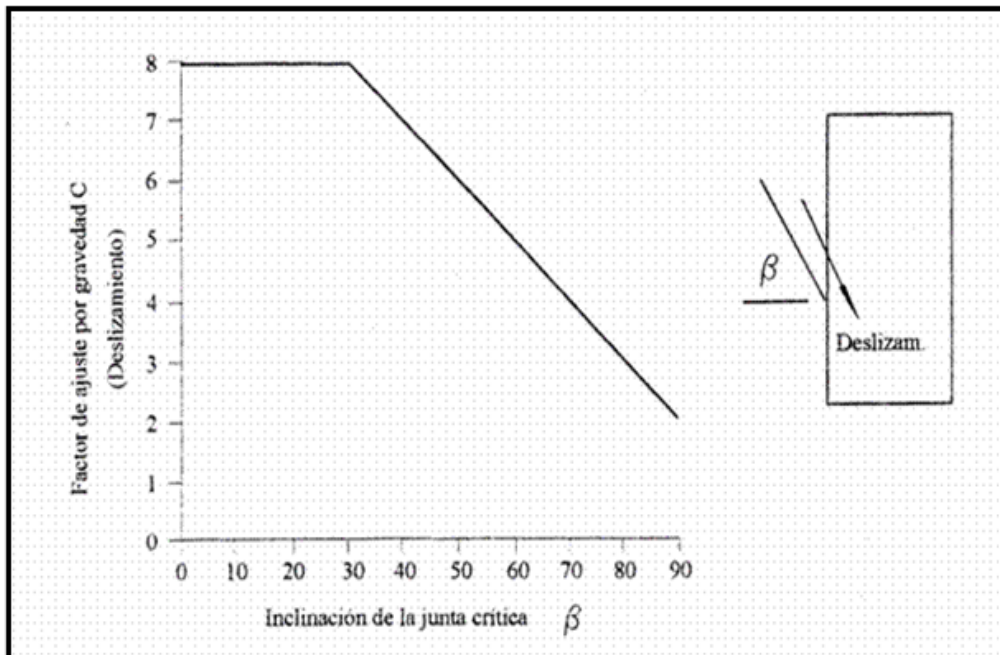
Factor de ajuste por gravedad C , para caídas por gravedad y lajamiento, según Potvin



Inclinación de la superficie del tajeo α

Figura 36

Factor de ajuste por gravedad C , para modos de falla por deslizamientos, según Potvin



Factor de forma o Radió Hidráulico

En el área superficial del tajeo que se estudió este factor se obtiene al dividir el área de la sección transversalmente entre su perímetro.

Resultados de la aplicación del método

Entonces al emplear los valores N y S, se podrá hacer una determinación del factor de estabilización del tajeo partiendo del gráfico de estabilidad.

Siguiendo el método y el procedimiento señalados y además de utilizar la información desarrollada previamente se pudo calcular el Número de Estabilidad N y Radio Hidráulico S para el techo y las paredes del tajeo María Inés.

A continuación, se presenta el resultado obtenido en forma de cuadro:

Numero de estabilidad N°

Tabla 9

Numero de estabilidad N°

Ubicación	Q'	A	B	C	N'
Techo y Paredes	7.08	0.06	0.75	2	0.66

Radio Hidráulico S

Perímetro total del tajeo = 413.57 m

Área = 1758.53 m²

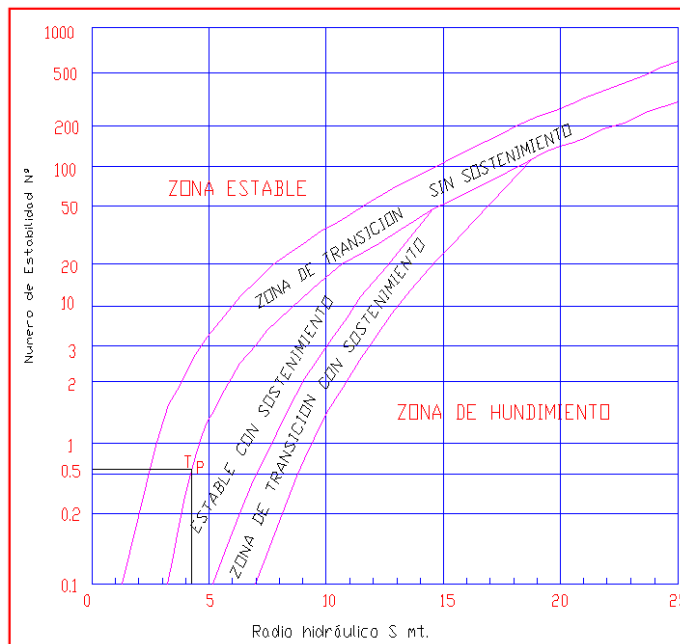
Tabla 10

Radio Hidráulico S

Ubicación	Radio Hidráulico S
Techo y Paredes	4.25

Figura 37

Grafico de estabilidad



El gráfico muestra un nivel de estabilización aceptable para el tajo María Inés con sistemas de sostenimiento referidos por Potvin (1988) y modificados por Nickson (1992)

Análisis del factor de seguridad de la abertura

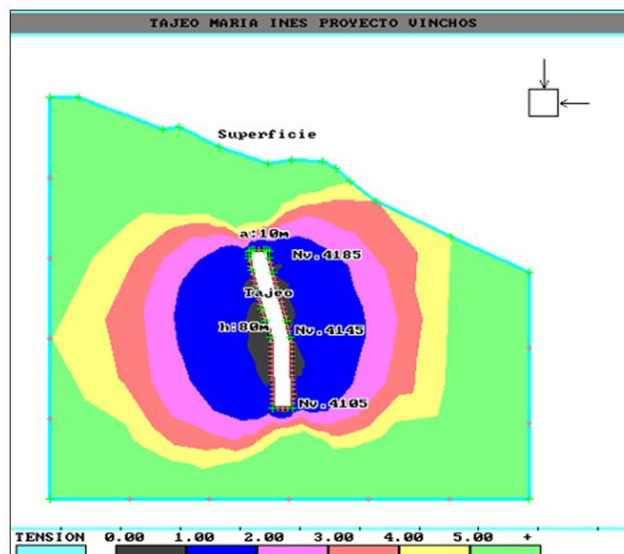
Análisis por esfuerzos – Software Phases

Factor de Seguridad para una abertura con altura de 80m y, ancho de 10m

En el tajo La sección del techo se encuentra estable presentando un F.S. de 1-2 estático y 0.76-1.76 pseudoestático. En cambio, Las paredes centrales del tajo se encuentran inestables superficialmente con un F.S. de 0-1 estático y 0.76 pseudoestático.

Figura 38

Factor de seguridad para una abertura de 80 m de altura y 10 m de ancho



Análisis por estructuras – software Unwedge

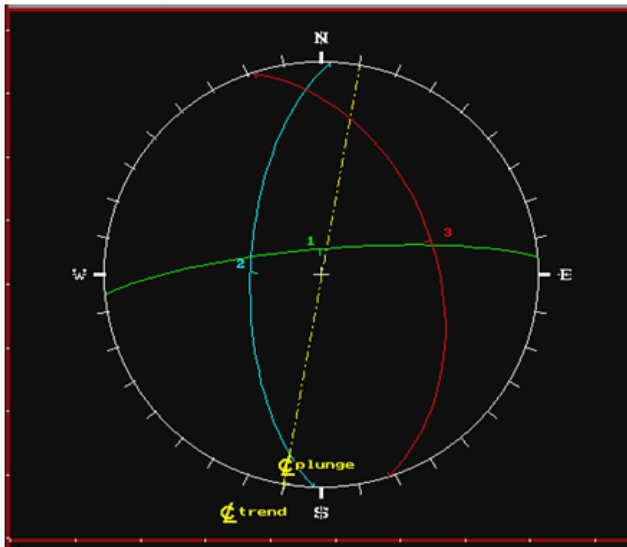
Condiciones Superficiales de la Abertura: En cuanto a los parámetros físico-mecánicos del material rocoso en cuanto a resistencia estructural los factores que determinan la estabilidad de las paredes.

Influencia de las Fracturas: Aproximadamente respecto al rumbo o a la orientación de la abertura respecto de las discontinuidades o principales fracturas son más favorables.

Dirección de la abertura /Fracturas

Figura 39

Dirección de aberturas/Fracturas



Cuñas formadas en la superficie de la excavación

Teniendo en cuenta los distintos parámetros y resultados a nivel geotécnico que se obtuvieron del macizo rocoso se puede considerar la ubicación y las condiciones de estabilización de las distintas cuñas desfavorables en el nivel superficial de la excavación:

En el techo: Esta cuña debe alcanzar un peso de 235 toneladas y su factor de seguridad debe alcanzar un nivel de 6.63 en estado estable. (ver análisis N° 01)

En la pared Izquierda: Esta cuña debe alcanzar un peso de 126217 toneladas y su factor de seguridad debe alcanzar un nivel de 0.94 estado inestable. (ver análisis N° 02)

En la pared Derecha: Está cuña debe alcanzar un peso de 90417 toneladas y su factor de seguridad debe alcanzar un nivel seguridad de 2.26 estando estable. (ver análisis N° 01)

Figura 40

Análisis 01 Principales Cuñas

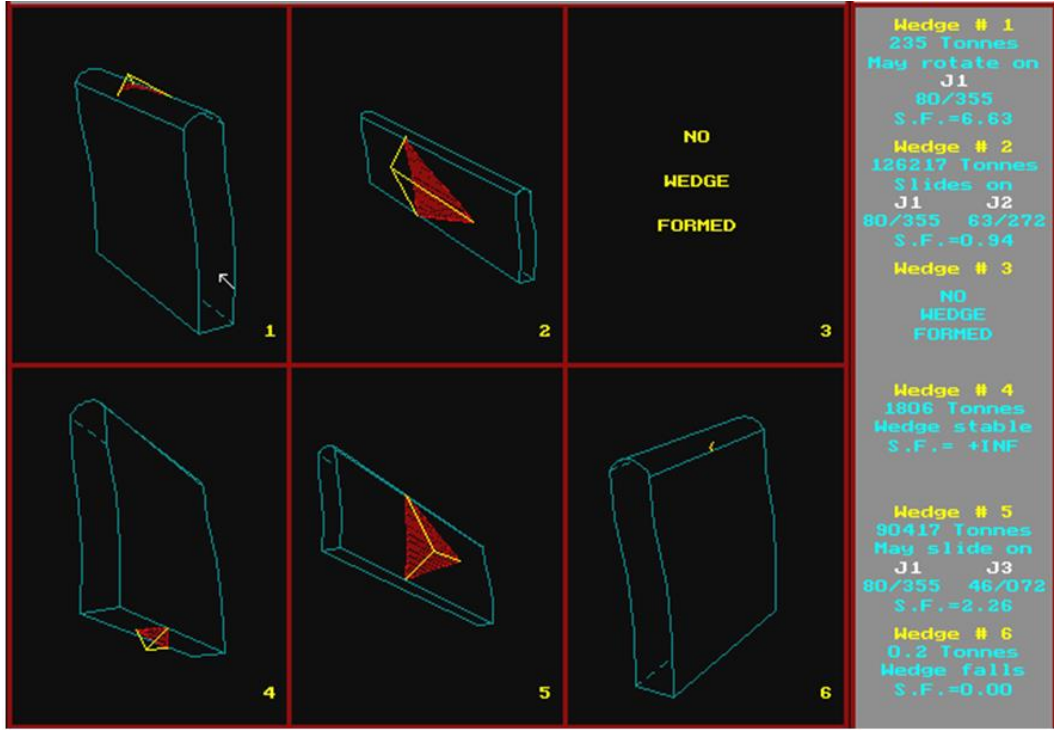
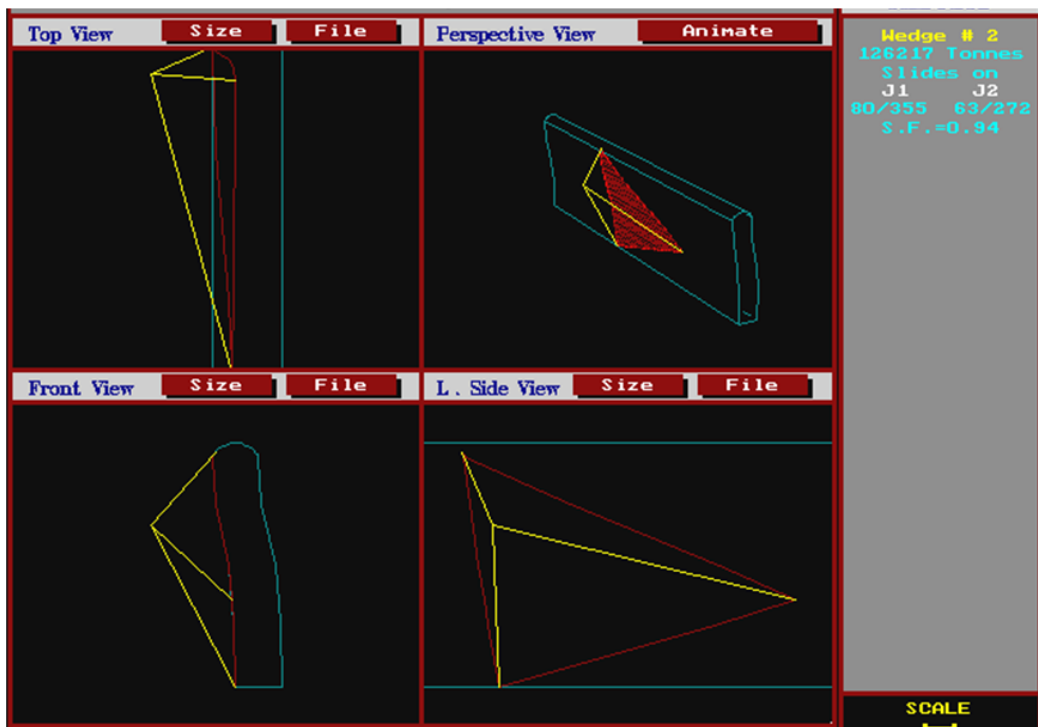


Figura 41

Análisis 02 Cuña Inestable



Podemos observar que la cuña en las tres direcciones puede presentar un deslizamiento como parte del dinamismo del macizo y desencadene un movimiento sísmico.

El Factor de seguridad Pseudo estático es de 0.70, Inestable en este caso es necesario un soporte de estabilización.

4.1.5. Sostenimiento sugerido

Pilares Horizontales

análisis del factor de seguridad – software Phases

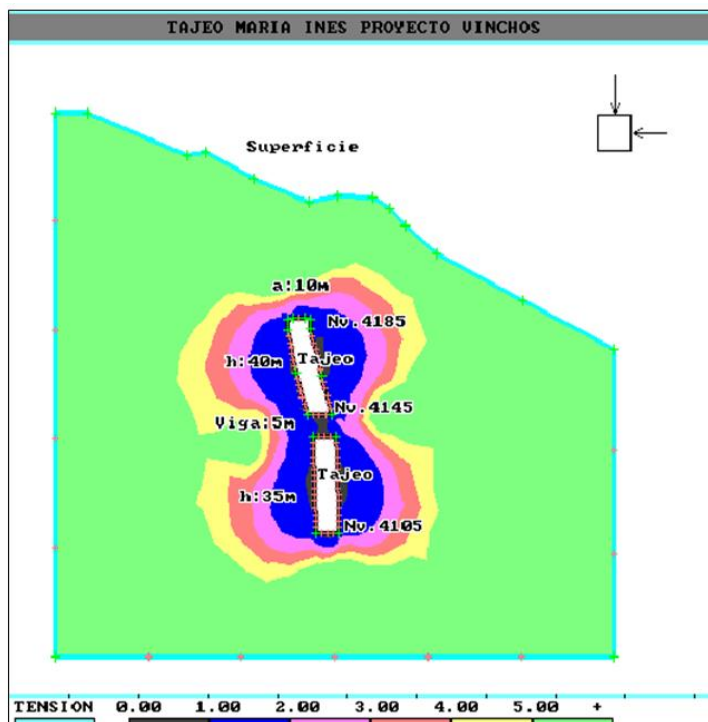
Factor de Seguridad en el caso de aberturas con 40 metros y 35 metros y viga central de altura 5 metros, ancho 10 metros y 5m metros de longitud.

El techo del tajeo se encuentra estable con un factor de seguridad entre 1-2 estático y 0.76-1.76 pseudoestático

Las paredes centrales del tajeo con la viga cambian de inestable a estable con un factor de seguridad de 0.8-2 estático y 0.56-1.76 pseudo estático

Figura 42

Análisis 03 Pilar Horizontal



Diseño de pilares horizontales en la abertura global

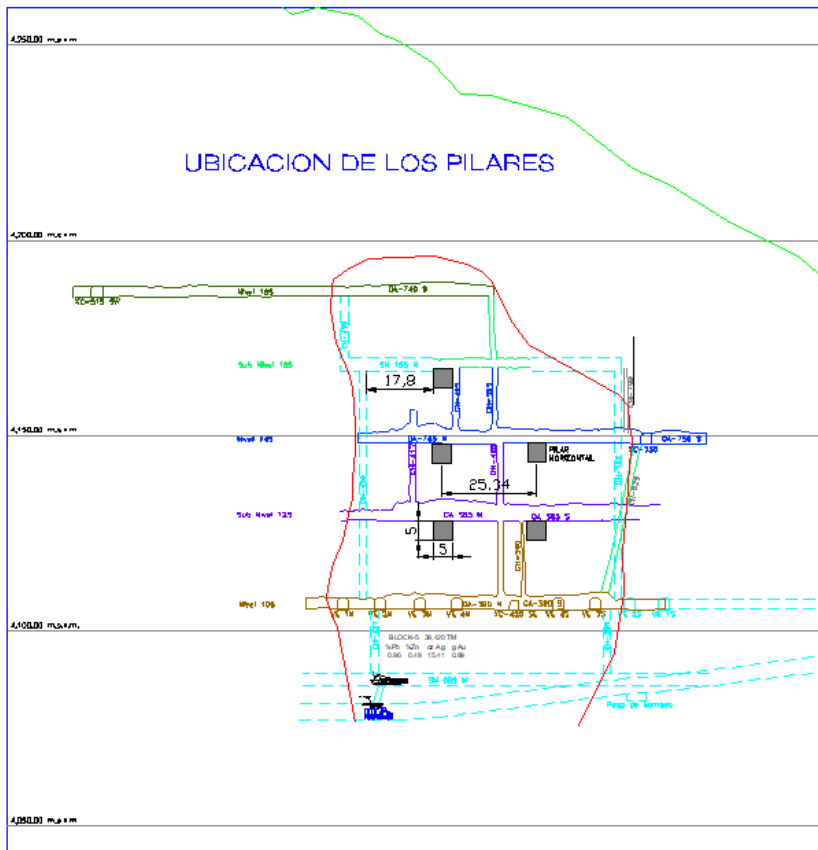
Habiendo establecido el diseño geométrico de la abertura global, con aproximadamente un Ancho de 10 metros y una altura de 80 metros en promedio y con una longitud de 100 metro.

Se determinó que en esta etapa las paredes inestables por cuñas ocupen el primer orden y en segundo orden los esfuerzos, debido que la condición dominante en este cuerpo es de carácter estructural para la desestabilización de las paredes.

Además, los pilares se encuentran distribuidos a 25 metros de manera sistemática, totalizando 5 pilares. La geometría de estos pilares debe cumplir como mínimo los siguientes parámetros ancho de 5 metros, alto de 5 metros y de largo 10 metros.

Figura 43

Ubicación de los pilares horizontales del cuerpo María Inés



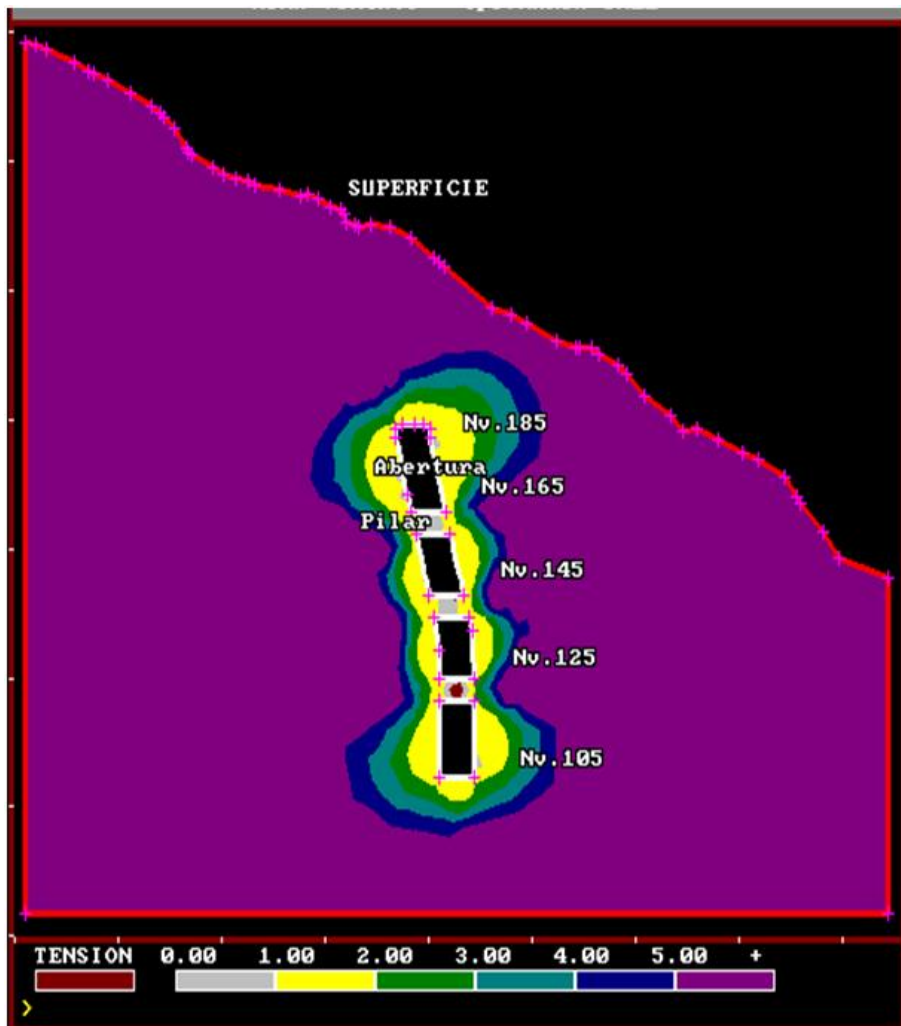
Factor de seguridad de la abertura con los pilares

En la abertura final las paredes con pilares deben tener un factor de seguridad estático de 1.5 y pseudoestático de 1.26, estando estable

En el caso de los pilares deben cumplir un factor de seguridad estándar de 1.8 estático y pseudoestático de 0.84, estando moderado.

Figura 44

Factor de seguridad de la abertura con los pilares



Sostenimiento activo

El sostenimiento a utilizar cuando se preparen los subniveles se realizara mediante la instalación de Split set (1.5X1.5m) / malla (electro soldada) en algunos segmentos por el grado de fractura que presenta el material rocoso y la abertura que se tendrá.

Relleno

Esta propuesta supone no disponer de este tipo de relleno debido a que la abertura tiene que quedar vacía de forma definitiva.

4.2. Discusión de resultados

Para poder realizar la investigación sobre la estabilidad de las aberturas con sostenimiento natural primeramente se ha tenido que realizar el análisis de la parte geológica tocando temas como la geología regional, local estructural, económica.

Para poder pasar a la parte de la clasificación geomecánica del cuerpo María Inés donde se pudo ver:

Las características mecánicas de la roca:

Está compuesta por calizas de peso específico de 2.4 tn/m³, resistencia a la compresión de 65 a 115 Mpa, carga puntual varía entre 105 a 40 kg/cm² y de caliza metamorfozada de 2.6 tn/m³, resistencia a la compresión de 95 a 130 Mpa, carga puntual varía entre 105 a 40 kg/cm²

Características estructurales de la roca

Se puede apreciar que hay dos sistemas principales de discontinuidades y uno secundario

Se llegó a determinar que la roca del cuerpo María Inés es de tipo II, condición buena según la clasificación RMR.

Estas características serán las que defina la estabilidad de la excavación y determine la necesidad de sostenimiento.

Calificación del macizo rocoso del cuerpo María Inés

Se pudo determinar los siguientes parámetros

Resistencia de la roca intacta

Resistencia a la compresión simple 50 – 80 Mpa

Calificación 7

Calidad de la roca (RQD)

RQD: 75 – 90 %

Calificación: 17

Espaciamiento de las discontinuidades

Estado de discontinuidades: algo rugoso, separaciones menores a 1 mm.

Calificación: 20

Condición de aguas subterráneas

Solo húmedo, aguas de intersticios

Calificación: 7

Totalizando un puntaje de 76

Factor de ajuste por orientación de las discontinuidades:

Condición: favorable

Ajuste: - 2

Calificación final

$$76 - 2 = 74$$

Lo que indica que es una roca de tipo II, considerándose como roca Buena. Y que puede tener un tiempo medio de sostenimiento de 6 meses para una abertura de 4 m. una cohesión de la roca de 200 – 300 Kpa y un ángulo de fricción de la roca entre 40° - 45°

Evaluación geomecánica del Cuerpo María Inés para aplicar taladros largos.

Lo cual nos conducirá a poder determinar las aberturas máximas, tiempo de auto soporte de la roca y tipo de sostenimiento

Los valores lo hallaremos mediante el Método Grafico de Estabilidad donde calcularemos el número de estabilidad modificado N' y el radio hidráulico S .

Siguiendo el procedimiento que se señaló y utilizo los datos desarrollados anteriormente, se pudo calcular el Número de Estabilidad N y Radio Hidráulico S para el techo y paredes del tajeo María Inés

Resultando

Numero de estabilidad $N^\circ = 0.66$

Radio de seguridad $S = 4.25$

Llevando a la gráfica nos indica que el tajeo María Inés es estable con sostenimiento.

Análisis del factor de seguridad de la abertura

Análisis por esfuerzos – software Phases

Para aberturas de 80 m de altura y 10 m de ancho,

El techo del tajeo es estable con un F.S. de 1 - 2 estático y 0.76 – 1.76 pseudo estático, las paredes centrales del tajeo es inestable con F.S. de 0 - 1 y 0.76 pseudo estático.

Análisis por estructuras – software Unwedge

Vemos que las condiciones superficiales de las aberturas y las fracturas en relación con la abertura son favorables.

Respecto a las cuñas existentes, se tiene tres cuñas, una en el techo con peso de 235 tn y un F.S. de 6.63 estable, en la pared izquierdo una cuña de 126,217 tn con un F.S. de 0.94 inestable y en la pared derecho una cuña de 90,417 tn con un F.S. 2.26 estado estable, estas cuñas requieren soporte para estar estables.

Sostenimiento sugerido

El sostenimiento sugerido es la de contar con pilares horizontales para aberturas de 40 m y 35 m, con vigas de 5 m de altura, 10 m de ancho y 5 m de largo.

En estas condiciones del tajeo la sección superior presenta una estabilidad con un factor de seguridad entre 1 – 2 estático y 0.76 – 1.76 pseudoestático.

Además, en las secciones centrales del tajeo las paredes con la viga presentan sectores inestables estables con un factor de seguridad entre 0.8 – 2 estático y 0.56 – 1.76 pseudoestático.

En la abertura global para diseñar los pilares horizontales con labores de 10 metros de ancho, 80 metros de altura y 100 metros de largo se tuvo que ubicar pilares de manera sistemática a 25 metros y en total de 5 unidades, cada pilar tendrá 5 m de ancho, 5 m de alto y 10 m de largo como mínimo.

Factor de seguridad de las aberturas con los pilares

En cuanto a los factores de seguridad en la apertura final las paredes presentan factores estáticos de 1.5 y pseudo estáticos de 1.26 y su condición es estable.

En cuanto al factor de seguridad de los pilares este en promedio es 1.08 estático y estático 0.84 y su condición es estable moderado.

Sostenimiento activo

Debido a al nivel de fracturamiento y la abertura que tendrá la excavación en la preparación de los subniveles. Para este tipo de sostenimiento se optó por la utilización de pernos Split set 1.5X1.5m y una malla con soldadura electrónica en algunos sectores

Relleno

Esta propuesta supone no disponer de este tipo de relleno debido a que la abertura tiene que quedar vacía de forma definitiva.

CONCLUSIONES

1. Las características geomecánicas de la masa rocosa que contiene al cuerpo mineralizado María Inés son: compuesto de caliza y caliza metamorfozada la caliza tiene un peso específico de 2.4 tn/m³, una resistencia a la compresión simple de 65 – 115 Mpa, una cohesión de 110 – 130, un ángulo de fricción interna 22 – 27. Y la caliza metamorfozada tiene un peso específico de 2.6 tn/m³, una resistencia a la compresión simple de 95 – 130 Mpa, una cohesión de 130 – 160, un ángulo de fricción interna 27 – 33
2. Para la calificación geomecánica de la masa rocosa donde se halla el cuerpo mineralizado María Inés se siguió la clasificación RMR de Bienawski obteniendo los siguientes parámetros resistencia de la roca intacta a la compresión simple 50 – 80 Mpa, calificación 7, calidad de roca RQD 75 – 90 %, calificación 17, espaciamiento de discontinuidades 1.0 m hasta 2.5 m, calificación 25, estado de discontinuidad algo rugoso separaciones menores a 1 mm, calificación 20, aguas subterráneas solo humedad calificación 7, resultando una calificación total de 74 puntos lo que significa una roca tipo II, y roca Buena.
3. Para la evaluación de la veta cuerpo María Inés para aplicar taladros largos se realizó en base al método grafico de estabilidad donde se obtuvo el número de estabilidad N° de 0.66 y el factor de seguridad S de 4.25 lo que indica que el tajo María Inés es estable con sostenimiento
4. El sostenimiento sugerido es el de dejar pilares horizontales para aberturas de 10 m de ancho, 80 m de altura, y 100 m de largo, ubicadas sistemáticamente a 25 m, haciendo un total de 5 pilares cuyas dimensiones serán de 5m de ancho, 5 m de alto, 10 m de largo y no se usarán relleno.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el sistema de sostenimiento de tipo temporal que debe ser utilizado en los subniveles sean Split Set y malla electrosoldada y se dispongan luego de cada ampliación con un ancho de 10 metros en promedio.
- Realizar el control de las voladuras cuando se conforme pilar horizontal, así mismo su espaciamiento debe cumplir con 25 metros de longitud máxima.

BIBLIOGRAFÍA

- BADAJOS, M. (2020). *Tu tesis en cinco pasos*.
- Baena , G. (2014). *Metodología de la investigación*. Grupo Editorial Patria.
- BAENA , G. (2017). *Metodología de la investigación*. En G. E. PATRIA (Ed.).
- BERNAL, C. (2010). *Metodología de la investigación, tercera edición*. Pearson Educacion de Colombia Ltda.
- CISTERNA, C. (2018). *CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA EN FAENAS SUBTERRÁNEAS DE PEQUEÑA MINERÍA, CASO DE ESTUDIO MINA LOS PEQUENES, REGIÓN DE COQUIMBO. CHILE*. [tesis de licenciamento Universidad de Concepcion] repositorio institucional Universidad de Concepcion.
- Colegio de Ingenieros del Peru . (2006). *Geomecanica aplicada al minado subterraneo*. Lima .
- CORDOVA, N. (2008). *GEOMECÁNICA EN EL MINADO SUBTERRÁNEO CASO MINA CONDESTABLE*. [tesis de maestro Universidad Nacional de Ingenieria } repositorio institucional Universidad Nacional de Ingenieria.
- DYWIDAG-SYSTEMS INTERNATIONAL (DSI). (2018). *Catalogo de productos para mineria y tuneles* .
- ENAEX. (s.f.). *Manual de tronadura ENAEX S.A.* ENAEX, Gerencia tecnica.
- FLORES, F. (2018). *GEOMECÁNICA APLICADA AL DISEÑO DEL SOSTENIMIENTO PARA GARANTIZAR LA ESTABILIDAD DE LAS LABORES MINERAS SUBTERRANEAS DE LA UNIDAD MINERA MALLAY DE LA COMPAÑÍA DE MINAS BUENAVENTURA S.A. – AÑO 2018*. [tesis de licenciamento Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo] repositorio institucional Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
- FLORES, M. (2012). *Controles Geomecanicos en la prevencion de caida de rocas*. Aceros Arequipa, Lima.

- Hernandez ; Fernandez; Baptista, R. (2014). *Metodología de la investigación, sexta edición*. McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- HERNANDEZ, FERNANDES, BAPTISTA, R. (2014). *Metodología de la investigación* (sexta edición ed.). (M. e. S.A., Ed.)
- HINOSTROZA , W. (2019). *Caracterización geomecánica en el análisis de estabilidad generados por la explotación subterránea compañía minera aurífera Retamas S.A.* [tesis de licenciamiento Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion] repositorio institucional Universidad nacional Daniel Alcides Carrion.
- HOEK, BROWN, E. (1980). *“Excavaciones subterráneas en roca”*. (M. Graw-Hill, Ed.)
- Instituto Geologico y Minero de España. (1987). *Manual de perforacion y voladura de rocas*. Instituto Geologico y Minero de España.
- LAZARO, J. (2018). *GEOMECANICA APLICADA AL DISEÑO DEL SOSTENIMIENTO PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LAS LABORES MINERAS EN LA MINA CARIDAD DE LA COMPAÑIA MINERA LINCUNA S.A. – 2017*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo] repositorio institucional Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
- MELBYE, T. (1994). *Shotcrete para soporte de rocas*. (C. D. International, Ed.)
- MILLAN, S. (2022). *EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DE LA MASA ROCOSA PARA SELECCIÓN DEL SOSTENIMIENTO - MINERA ANIMÓN 2022*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional del Centro del Peru] repositorio de la Universidad Nacional del Centro del Peru.
- RODRIGUEZ , D. (2018). *GEOMECÁNICA APLICADA PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LABORES MINERAS SUBTERRÁNEAS EN LA UNIDAD MINERA AREQUIPA M DE LA COMPAÑÍA MINERA A.C. AGREGADOS S.A. - AÑO 2018*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo] repositorio institucional Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.

- ROJAS , T. (2016). *GEOMECANICA EN EL DISEÑO DE SOSTENIMIENTO PARA MEJORAR LA ESTABILIDAD DE LAS LABORES MINERAS DE LA UNIDAD MINERA EL PORVENIR DE LA EMPRESA MINERA MILPO - AÑO 2016*. [tesis de licenciamiento Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo] repositorio institucional Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo.
- SOCIEDAD NACIONAL DE MINERIA PETROLEO Y ENERGIA. (2004). *Manual de geomecanica aplicada a la prevencion de accidentes por caida de rocas*.
- SUPO, CAVERO, F. (2014). *FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PROCEDIMENTALES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN CIENCIAS SOCIALES*. (E. Universitario, Ed.)
- SUPO, CAVERO, F. (2014). *FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y PROCEDIMENTALES DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN CIENCIAS SOCIALES*. (E. Universitario, Ed.) Lima.
- TAMAYO Y TAMAYO, M. (2003). *El proceso de la investigacion cientifica* (cuarta edicion ed.). (L. N. Editores, Ed.)
- VARA, HORNA, A. (2010). *¿Cómo evaluar la rigurosidad científica de las tesis doctorales?* (F. e. USMP., Ed.) Lima .

ANEXOS

Anexo A: Instrumentos de recolección

Características mecánicas del cuerpo María Inés

Material	Peso Unitario (Ton/m ³)	Resistencia Compresión Simple (Mpa)	Modulo De Young (Mpa)	Relación De Poisson	Cohesión (Kpa)	Angulo De Fricción interna
Caliza						
Caliza Metamorfizada						

Prueba a la compresión simple – Índice de carga puntual

Descripción	Nivel	Diámetro Cm	Área Cm ²	Carga	Kk/Cm ²	Longitud Cm	Cargapuntual Kg/cm ²
ME-185-09 Caja-01.00m							
ME-145-13 Caja-66.00m							
ME-145-14 Caja-65.50m							
ME-145-14 Caja-78.00m							
ME-145-21 Caja-0.80m							
ME-105-27 Caja-11.15m							
ME-105-27 Caja-28.70m							

Clasificación del macizo rocoso valoración RMR

PARAMETRO		ESCALAS DE VALORES						VALORACION		
RESIST. COMPRES. UNIAXIAL (M Pa)		>200 (15)	100-200 (12)	X	50-100 (7)	25-50 (4)	<25(2) <10(1) <3(0)	1	7	
ROD %		90-100 (20)	X	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	2	17	
ESPACIAMIENTO (m)		>2 (20)	X	0,6-2 (15)	0,2-0,6 (10)	0,06-0,2 (6)	<0,06 (5)	3	15	
CONDICION DE JUNTAS	PER SISTENCIA	<1m long. (6)	X	1-3 m Long. (4)	3-10 m (2)	10-20 m (1)	> 20 m (0)	4A	4	
	ABERTURA	Cerrada (6)		<0.1mm apert. (5)	0.1-1.0mm (4)	X	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	4B	1
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)		Rugosa (5)	X	Lig.rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	4C	3
	RELLENO	Limpia (6)		Duro < 5mm (4)	X	Duro> 5mm (2)	Suave < 5 mm (1)	Suave > 5 mm (0)	4D	2
	ALTERACION	Sana (6)		Lig.Alterada. (5)	X	Mod.Alterada. (3)	Muy Alterada. (2)	Descompuesta (0)	4E	3
AGUA SUBTERRANEA		Seco (15)	X	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	5	10	
VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =									62	
CLASE DE MACIZO ROCOSO									II	
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0					
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA					

Características geotécnicas de la roca caliza

Material	Peso Unitario (Ton/m3)	Resistencia Compresión Simple (Mpa)	Modulo De Young (Mpa)	Relación De Poisson	Cohesión (Kpa)	Angulo De Fricción interna
Caliza						
Caliza Metamorfizada						

Calificación María Inés (Bieniawski, 1989)

PARÁMETRO			ESCALAS DE VALORES						
1	Resistencia de la roca inalterada	Índice de la carga de punta	>8 Mpa	4-8 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para esta escala tan baja se prefiere la prueba de la resistencia a la comp. uniaxial.		
		Resist.com p uniaxial	>200 Mpa	100-200 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	10-25 MPa	3-10 MPa	1-3 MPa
	Valuación	15	12	7	4	2	1	0	
2	Índice de calidad de la roca, RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	< 25%		
	Valuación		20	17	13	8	3		
3	Espaciamiento de juntas		> 3 m	1-3 m	0.3-1 m	50-300 mm	< 50 mm		
	Valuación		30	25	20	10	5		
4	Estado de las discontinuidades		Superficies muy rugosas, sin continuidad, sin separación. Paredes de roca dura.	Superficies algo rugosas, separación < 1mm paredes de roca dura	Superficies algo rugosas. Separación < 1 mm paredes de roca suave	Superficies pulidas o relleno < 5 mm Esp. O fisuras Abiertas 1-5 mm fisuras continuas	Relleno blando < 5 mm O fisuras abiertas < 5 mm fisuras continuas		
	Valuación		25	20	12	6	0		
5	Aguas Subterráneas	Cantidad de infiltración por 10 m de túnel	Ninguna		< 25 litros/min	25-125 litros/min	> 125 litros/min		
		Presión De agua							
		Relación ----- Esfuerzo principal o Mayor	Cero		0.0-0.2	0.2-0.5	> 0.5		
	Situación general		Totalmente seco		Sólo húmedo (agua de intersticios)	Ligera presión de agua	Serios problemas de Agua		
Valuación		10		7	4	0			

Factor de ajuste por orientación de las discontinuidades

Orientación de rumbo y Echado de las fisuras		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Valuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Clasificación de rocas según el total de evaluación

Orientación de rumbo y Echado de las fisuras		Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy desfavorable
Valuación	Túneles	0	-2	-5	-10	-12
	Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25
	Taludes	0	-5	-25	-50	-60

Significado de la clasificación del macizo rocoso

Clasificación N°.	I	II	III	IV	V
Tiempo medio de sostén	10 años para claro de 5 m	6 meses para claro de 4 m	1 semana para claro de 3 m	5 horas para claro de 15 m	10 minutos para claro de 0.5 m
Cohesión de la roca	> 300 KPa	200-300 KPa	150-200 KPa	100-150 KPa	< 100 KPa
Angulo de fricción de la roca	> 45°	40°-45°	35°-40°	30°-35°	< 30°

Anexo B Matriz de Consistencia

Título: “DETERMINACION LA ESTABILIDAD DE LAS ABERTURAS CON SOSTENIMIENTO NATURAL DEL CUERPO MARIA INES, EN COMPAÑIA MINERA VOLCAN – UNIDAD VINCHOS”.				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>2.3.1 Problema general ¿Cuáles son las condiciones geomecánicas del macizo rocoso del cuerpo María Inés para determinar la estabilidad de las aberturas con sostenimiento natural en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos?</p> <p>2.3.2 Problemas específicos Problema específico a. ¿Cuál debe ser la estabilidad y su factor de forma del techo y paredes del cuerpo María Inés en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos? Problema específico b. ¿Qué tipo de sostenimiento se debe proponer en la extracción del cuerpo María Inés en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos?</p>	<p>2.4.1 Objetivo general Conocer las condiciones geomecánicas del macizo rocoso del cuerpo María Inés para determinar la estabilidad de las aberturas con sostenimiento natural en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos</p> <p>2.4.2 Objetivos específicos Objetivo específico a. Determinar la estabilidad y su factor de forma del techo y paredes del cuerpo María Inés en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos Objetivo específico b. Determinar el tipo de sostenimiento que se debe proponer en la extracción del cuerpo María Inés en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos</p>	<p>3.4.1 Hipótesis General Al determinar las condiciones geomecánicas del macizo rocoso del cuerpo María Inés podemos evaluar la competencia de dichas rocas, a partir de la observación o ensayos simples para determinar la estabilidad de las aberturas con sostenimiento natural en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos</p> <p>3.4.2 Hipótesis específicas Hipótesis específica a Consideramos para que haya la estabilidad y su factor de forma del techo y paredes sean lo más adecuados del cuerpo María Inés sus valores deben estar altura del cuerpo 80 m. como máximo, longitud de 100 m y ancho de 10 m. como máximo, en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos Hipótesis específica b El tipo de sostenimiento se debe diseñar, para la extracción del cuerpo María Inés es la de pilares horizontales cuyas dimensiones son de 5 m de ancho, 5 m de alto y 10 m de largo como mínimo; a la vez se usara pernos Split set y malla electrosoldada en los sub niveles, en Compañía Minera Volcán – Unidad Vinchos</p>	<p>3.5.1 Variables para la hipótesis general Condiciones geomecánicas del macizo rocoso Competencia de las rocas</p> <p>3.5.2 Variables para las hipótesis específicas Variables para la hipótesis específica a Estabilidad y factor de forma del techo y paredes Dimensiones del cuerpo Variables para la hipótesis específica b Tipo de sostenimiento Pilares horizontales Pernos Split set y malla electrosoldada</p>	<p>-Tipo de I. Aplicada - Nivel de I Descriptiva correlacional -Metodo de I metodo científico -Diseño de I No experimental -Poblacion todas las vetas, cuerpos que existen en la Unidad Minera -Muestra Cuerpo María Inés</p>

