



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS**

TESIS

**“REDUCCIÓN DE ACCIDENTES POR DESPRENDIMIENTO
DE ROCA UTILIZANDO SOSTENIMIENTO MECANIZADO
CON PERNOS DE ANCLAJE EN LOS TAJEOS DE
PRODUCCION DE
LA E.A. CERRO S.A.C”**

Presentado por:

Bachiller: Efraín, LOPEZ ROJAS

Para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

CERRO DE PASCO – PERU

2018

DEDICATORIA

A Milca mi esposa e hijos Brandon, Denisse, Patrick y Adriano por su apoyo incondicional brindado en el objetivo de alcanzar la profesionalización, en la que sacrificamos tiempos, economía, deseos, salud, y que generarán en el futuro satisfacciones en el ámbito familiar, social, laboral.

Efraín, LOPEZ ROJAS

TESISTA

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme llegar hasta aquí y a la enseñanza en la formación académica profesional por parte de los docentes de la Universidad Alas Peruanas, quienes valoraron nuestra presencia y los motivos laborales al que nos encontrábamos en los horarios de clases y quienes generaron en nosotros las virtudes para el futuro profesional.

El reconocimiento a los Ingenieros de la E.A Cerro S.A.C. por su apoyo y facilidades brindadas para la realización de la presente Tesis, Reducción de accidentes por desprendimiento de rocas utilizando sostenimiento mecanizado en los tajeos de producción de la E.A. Cerro S.A.C. Mi agradecimiento especial al mi esposa e hijos quienes estimularon en mi persona el gran reto de retornar a los estudios superiores y poder en el futuro ejercer en el campo laboral al cual llevo años de experiencia como lo es en la Minería, de igual forma reconocer al Ingeniero Fredy Fernández Mavila, que me brindó su apoyo, al guiarme hasta la culminación de la presente.

Efraín, LOPEZ ROJAS

TESISTA

RESUMEN

E.A. Cerro S.A.C. Productor de minerales polimetálicos con explotación subterránea semi mecanizada por contar con laboreos anteriores circundantes a los **tajeos de producción**, en la que actualmente se realiza la recuperación de paneles lo que incrementó el fracturamiento de rocas, por lo que el terreno se comporta con bloques sin adherencia, la geología del terreno, las condiciones ambientales contribuye al **desprendimiento de roca**, generando accidentes se muestran en las **estadísticas de seguridad** local con referencia de similitud nacional emitida por el M.E.M.

El objetivo para reducir los accidentes en tajeos de producción es aplicar oportunamente **sostenimiento mecanizado** utilizando **pernos de anclaje**, se aplica la investigación de ingeniería correlacional con análisis de estadística enmarcado en el universo E.A Cerro S.A.C., población tajeos de producción y muestra no aleatorio, **conclusiones**, toma de datos geomecánicos insitu ingresando los datos a los softwares que permitirá brindar parámetros del comportamiento del macizo rocoso, la aplicación del sostenimiento contará con personal capacitado, considerar las estadísticas de indicadores y con seguimiento de accidentes, **se recomienda** comunicar las estadísticas de seguridad a todo el personal, el área de geomecánica debe analizar utilizando el software geomecánico, capacitar al personal, no se debe avanzar si no se tiene sostenimiento al tope. respetar la sección de 4x4 m, cumplir con la política de la empresa, la supervisión de estar involucrada en los controles de sostenimiento y seguridad.

Palabras Claves: Tajeos de Producción, Desprendimiento de roca, Estadísticas de seguridad, Sostenimiento mecanizado, Pernos de anclaje.

ABSTRAC

E.A. Cerro S.A.C. Producer of polymetallic minerals with semi-mechanized underground exploitation by having previous workings surrounding the production tajes, in which the recovery of panels is currently taking place, which increased the fracturing of rocks, so that the terrain behaves with blocks without adhesion , the geology of the terrain, the environmental conditions contribute to rock shedding, generating accidents are shown in the local security statistics with reference of national similarity issued by the MEM

The objective to reduce accidents in production felling is to apply timely mechanized support using anchor bolts, correlational engineering research is applied with statistics analysis framed in the EA Cerro SAC universe, population of production tajes and non-random sample, conclusions, taking of geomechanical data insitu entering the data to the softwares that will allow to provide parameters of the behavior of the rocky mass, the application of the support will have trained personnel, to consider the statistics of indicators and with accident follow-up, it is recommended to communicate the security statistics to all the personnel, the area of geomechanics must analyze using the geomechanical software, train the personnel, it should not be advanced if there is no support at the top. respect the 4x4 m section, comply with the company policy, supervision of being involved in the maintenance and safety controls.

Key Words: Production Tajeos, Rock detachment, Security statistics, Mechanized support, Anchor bolts

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRAC	v
INDICE	vi
INTRODUCCIÓN	xiii
1.1 Planteamiento del problema	14
1.2 Delimitaciones de la investigación	15
1.2.1 Delimitaciones	15
1.3 Formulación del Problema.	17
1.3.1 Problema principal.	17
1.3.2 Problema específico	17
1.4 Objetivo de la Investigación	18
1.4.1 Objetivo principal	18
1.4.2 Objetivo secundario	18
1.5 Justificación e importancia	18
1.5.1 Justificación	18
1.5.2 Importancia	19
2.1 Antecedentes de la Investigación	20
2.2 Marco Histórico.	24

2.3	Marco Conceptual.	29
2.3.1	Sostenimiento Mecanizado en la E.A. Cerro S.A.C. En los Tajeos de Producción.	29
2.3.2	Conceptualización de la variable: Reducción de Accidentes	44
2.3.3	Política de la Empresa	45
2.4	Conceptualización de la variable: Sostenimiento	51
2.4.1	Factores Influyentes que provocan Cambio Estructural	51
2.4.2	Tipos de Sostenimiento	52
2.4.3	Influencia del sostenimiento en la reducción de accidentes en los tajeos de Producción E.A. Cerro S.A.C.	58
2.4.4	Definición de términos básicos:	59
2.5	Hipótesis de la investigación.	62
2.5.1	Hipótesis general	62
2.5.2	Hipótesis específica	62
2.6	Variables e Indicadores	62
2.6.1	Variable Independiente	62
2.6.2	Variable Dependiente	63
2.6.3	Variable Interviniente	63
2.6.4	Definición operacional de la variable	63
3.1	Tipo y nivel de investigación	65

3.1.1	Tipo de Investigación	65
3.1.2	Nivel de investigación.	65
3.2	Método y Diseño de la investigación	66
3.2.1	Método de la investigación.	66
3.2.2	Diseño de la investigación.	66
3.3	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información	66
3.3.1	Técnicas.	66
3.3.2	Instrumentos.	67
3.4	Población y muestra	67
3.4.1	Universo.	67
3.4.2	Población.	68
3.4.3	Muestra	68
4.1	Descripción de los aspectos geológicos y los procesos operativos de la Unidad Minera	70
4.1.1	Geología Regional	70
4.1.2	Geología local	78
4.1.3	Geología económica	81
4.1.4	Geología estructural	84
4.1.5	Mina y Planta Concentradora	87
4.1.6	Operación a Tajo Abierto	90

4.1.7 Relleno Hidráulico	90
4.1.8 Planta Concentradora	91
4.1.9 Servicios Auxiliares	92
4.1.10 Seguridad, Medio Ambiente y Responsabilidad Social.	93
4.1.11 Plan anual de seguridad salud ocupacional	94
4.1.12 De los Comites de Seguridad.	95
5.1 Análisis de resultados	100
5.1.1 Elección del tipo de Sostenimiento en los tajeos de Producción en la E.A. Cerro S.A.C.	101
5.1.2 Parámetros para la elaboración de la cartilla Geomecánica GSI (Estructura Vs Condición Superficial)	108
5.2 Selección del tipo de sostenimiento	113
5.2.1 Diseño y Aplicación de Sostenimiento	113
5.3 Análisis de Tendencias	114
5.3.1 Muestreo No Aleatorio.	114
5.3.2 Estadísticas de Seguridad E.A. Cerro S.A.C.	117
5.4 Discusión.	120
5.4.1. Geología TJ 14986 N, PISO 11	120
5.4.2 Geología TJ 14808 W	129
5.4.3 Geología TJ 14274 W	133

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE CUADRO

Cuadro 1 Descripción de los tipos de sostenimiento en la E.A. Cerro S.A.C	41
Cuadro 2 Definición operacional de la variable	63
Cuadro 3 Datos de cada uno de las fases	67
Cuadro 4 Zonas por tipo de roca	68
Cuadro 5 Aplicación del sostenimiento en los tajeos	69
Cuadro 6 Rendimiento de un volquete	88
Cuadro 7 Mapeo geomecánico	103
Cuadro 8 Clasificación geomecánica según Bieniawski	104
Cuadro 9 Clasificación del macizo rocoso según Bieniawski	105
Cuadro 10 Índice Q de Barton	105
Cuadro 11 Parámetros de valoración del índice Q	106
Cuadro 12 Cálculo de aberturas máximas en EA. Cerro S.A.C, área geomecánica	107
Cuadro 13 Cartilla geomecánica de 11 a 20 fracturas por metro lineal	111
Cuadro 14 Cartilla Geomecánica identificando la condición superficial de la roca	112
Cuadro 15 Cartilla geomecánica de 11 a 20 fracturas por metro lineal	112
Cuadro 16 Estadística de seguridad	117
Cuadro 17 Estadísticas de accidente años 2001 - 2017	117
Cuadro 18 Referencias de accidente por tipo año 2009 - 2013	118

Cuadro 19 Estadística de seguridad E.A. Cerro S.A.C. área seguridad y salud ocupacional.	120
Cuadro 20 Clasificación geomecánica roca Tipo IIIA	121
Cuadro 21 Caracterización Geomecánica, tipo de roca IIIA, PA 14808 W	129
Cuadro 22 Zonificación de calidades de la masa rocosa	134
Cuadro 23 Estabilidad del proyecto de minado	135
Cuadro 24 Propiedades para el Relleno	135

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1 Simulación del Tj 8060 en NV 800 para una sección de 23.00 m de ancho por 5.00 de alto	42
Figura 2 Simulación del TJ Shiringe 1462 para una sección de 13.00 m de ancho con 20.00 m de alto con puentes a diferentes labores	43
Figura 3 Simulación de dos paneles adyacentes con relleno cementado en el piso.	43
Figura 4 Simulación de la estabilidad del piso 24, Nivel 1400 con respecto a la pared Oeste del Tajo “Raúl Rojas” distante unos 19.25 m del talud del Banco 4000	44
Figura 5 Simbología de PARE. E.A. Cerro S.A.C.	49
Figura 6 Tendencia de factor de anclaje	115
Figura 7 Tendencia según longitud de anclaje	115
Figura 8 Pernos fallados por tensión máxima T_{ns} bajo del promedio	116
Figura 9 Diagrama de esfuerzos	116
Figura 10 Índices de seguridad 2001 - 2017	118
Figura 11 Por tipo análisis comparativo 2009 - 2013	119
Figura 12 Comparativo por tipo de accidentes en la EA. Cerro SAC.	119

Figura 13 Plano Geomecánico	122
Figura 14 Plano geomecánico del piso 07 cuerpo J337. E.A. Cerro S.A.C.	123
Figura 15 Plano geomecánico del piso 07 cuerpo J337	124
Figura 16 Planos de secciones del Tajeo 14986 E.A. Cerro S.A.C.	125
Figura 17 Secuenciamiento de Minado:	126
Figura 18 Análisis de estabilidad	126
Figura 19 Análisis de estabilidad TJ sección II	127
Figura 20 Análisis de estabilidad 1.26 y 1.58 Estable.	128
Figura 21 Plano geomecánico Piso 8 cuerpo CNA-XN E.A. Cerro S.A.C.	130
Figura 22 Simulación del PA 14808 W sin sostenimiento	131
Figura 23 Factor de seguridad de 1.2	131
Figura 24 F.S de 0.63 Muy Inestable en la corona siendo una condición de alto riesgo.	132
Figura 25 Simulación de la proyección del PA 14808 W con sostenimiento:	132
Figura 26 Plano geomecánico del tajeo 14274 E.A. Cerro S.A.C.	134

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Clasificador geomecánica	34
Tabla 2 Clasificación de macizos rocosos según Bieniawski	34
Tabla 3 Matriz de evaluación de riesgos según anexo 7 del DS-024-2016-EM	47
Tabla 4 Elementos de Refuerzo Temporal	53
Tabla 5 Elementos de Refuerzo Permanente	54
Tabla 6 Aplicacion de sostenimiento en labores de producción área geomecánica	114

INTRODUCCION

La minería subterránea por sus trabajos operativos de riesgo considera, la consecuencia con mayor incidencia de accidentes es por desprendimiento de roca que causan daños y accidentes, con datos estadísticos emitidos por el Ministerio de Energía y Minas y la E.A Cerro SAC., la presente tesis considera que los accidentes por desprendimiento de roca en la E.A Cerro SAC., se pueden reducir con la aplicación del sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje temporal y/o definitivo en tajeos de producción.

Considerando la importancia de este trabajo de investigación productos de mi experiencia profesional en la Empresa Minera Cerro S.A.C., lo he desarrollado en cinco capítulos a saber: En el capítulo I mencionó sobre los aspectos teóricos de la investigación que incluyen desde el planteamiento del problema hasta la importancia del problema; mientras que el capítulo II menciono sobre el marco teórico desde antecedentes de la investigación hasta la definición operacional de las variables, en el capítulo III menciono la metodología del estudio desde el tipo y nivel de investigación hasta población y muestra, en el capítulo IV menciono aspectos prácticos de la investigación desde las generalidades hasta responsabilidad social y en el capítulo V se menciona el análisis, interpretación y discusión de los resultados hasta geología de los tajeos en estudio y termino con las conclusiones y recomendaciones; lo que me permite presentar ante el jurado correspondiente para mi calificación respectiva.

Bachiller: Efrain Lopez Rojas

Tesista

CAPÍTULO I: ASPECTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

En la Mina subterránea de la E.A. Cerro S.A.C, la mineralización es del tipo Epitermal de “alta sulfuración”. Los factores ambientales como la humedad, los cambios bruscos en la temperatura, la presencia de filtración de agua, la geología del terreno influyen en los desprendimientos de roca constantes la que conlleva a accidentes consecutivos, por lo cual el problema principal radica en la cantidad de trabajadores que anualmente se accidentan dentro de la mina a causa de la inestabilidad del macizo rocoso, falta ó falla de controles en cuanto se refiere al sostenimiento.

Es bien cierto que en estos últimos años ue la explotación sé tecnificó; pero pese a ello existen accidentes por caída de rocas, cuñas de los hastiales de las labores, planchones sorpresivos en los tajeos de explotación, donde el terreno es

perturbado y requiere mejorar las técnicas de sostenimiento, para ello en esta investigación se consideró aplicar el sostenimiento mecanizado siendo las más indicadas los pernos de anclaje temporal con "Split Sets" o definitivo con pernos helicoidales en terrenos con roca tipo III.

Según las estadísticas de accidentes emitidos por el Ministerio de Energía y Minas y la Empresa Administradora Cerro S.A.C. indica que la mayor incidencia de accidentes es el desprendimiento de roca, en la mina subterránea Cerro SAC, se viene realizando el proceso de recuperación en puentes de mineral por lo que el sostenimiento de refuerzo que se utiliza, es Shotcrete, Split set, y los pernos helicoidales en las galerías, en el caso de paneles se sigue empleando la madera para el armado de cuadros y cimbras metálicas; en los tajeos de producción con tipo de roca III; RMR 41 – 60, se está empleando el uso de shotcrete, malla electrosoldada, Split set y pernos helicoidales, lo que conlleva al riesgo de accidentes por el tiempo de demora en el sistema de explotación y sostenimiento, esto tendría como causa demoras en el proceso, pérdidas económicas y humanas disminución de la estadística de seguridad, para ello se viene trabajando con los softwares designados que interactúe en el análisis de orientación basados en los datos geológicos y geomecánicos que servirá en la mejor implementación del sostenimiento oportuno con Split set y pernos helicoidales, que posibilitará la reducción de accidentes por desprendimiento de roca en la mina subterránea de la EA. Cerro SAC.

1.2 Delimitaciones de la investigación

1.2.1 Delimitaciones

A. Delimitación Espacial.

Esta investigación se llevó a cabo en el Departamento de Pasco, Provincia Pasco, Distrito Simón Bolívar, Empresa Administradora Cerro SAC. En la explotación de labores de la zona III del nivel 1400 siendo las siguientes, Tajeo 14808 W del cuerpo CNA XN del Nivel 1400, Tajeo 14274 W – del Cuerpo J337A, Piso 17 del Nivel 1400 y el Tajeo 14986 N. Piso 11, del Cuerpo CNA S, del Nivel 1400.

B. Delimitación Temporal.

La elaboración de la presente tesis comprende el año 2014 al 2017

C. Delimitación Social.

Esta orientado a las operaciones de mina subterránea en la Empresa Administradora Cerro SAC. Así como a los estudiantes de las Escuelas Profesionales de Minas de las Universidades del Perú, que servirá como referencia en el proceso de evaluación geomecánica, supervisión y aplicación del sostenimiento mecanizado, que permitirá la reducción de los accidentes por desprendimiento de rocas.

D. Delimitación Conceptual

Se consideró el resumen de la información existente acerca del problema que se está suscitando en la mina Cerro de Pasco, para evitar accidentes por desprendimiento de roca se revisó los trabajos geomecánicos realizados anteriormente para ejecutar el sostenimiento oportuno, se visualizó información de seguridad en afiches, folletos e internet considerando la estrategia de sostenimiento dentro de los tajeos de explotación. (Ver anexo 1)

E. Tecnología de información.

Se utilizó los softwares de diseño Geomecánico como el Rockscience.
DIPS. PHASE 2.0.

F. Gestión del proceso escogido.

Para el proceso se aplicará el sostenimiento mecanizado con equipo empernador Jumbos Rocket Boomer 281, elementos de sostenimiento pernos de anclaje como Split set y Pernos Helicoidales, para la reducción de accidentes se considera los índices de frecuencia de accidentes, índices de severidad de accidentes e índices de accidentabilidad con la aplicabilidad de los pilares de seguridad que son el IPERC Base, las condiciones (PODER), el conocimiento (SABER) y el comportamiento (QUERER), considerado en el sistema de Gestión de Seguridad de la E.A. Cerro S.A.C.

1.3 Formulación del Problema.

1.3.1 Problema principal.

¿En que medida se reducirán los accidentes por desprendimiento de rocas utilizando sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción en la E.A Cerro SAC?

1.3.2 Problema específico

a) ¿De qué manera el sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción reducirán los índices de accidentabilidad por desprendimiento de rocas en la E.A Cerro SAC?

b) ¿En qué medida el sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción reducirán los índices de severidad por desprendimiento de rocas en la E.A Cerro SAC.?

1.4 Objetivo de la Investigación

1.4.1 Objetivo principal

Emplear el sostenimiento oportuno reducirá los accidentes por desprendimiento de rocas utilizando sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción en la E.A Cerro SAC.

1.4.2 Objetivo secundario

a) Identificar que el sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción reducirán los índices de accidentabilidad por desprendimiento de rocas en la E.A Cerro SAC.

b) Determinar que el sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción reducirán los índices de severidad por desprendimiento de rocas en la E.A Cerro SAC.

1.5 Justificación e importancia

1.5.1 Justificación

Considerando que es necesario reducir accidentes por desprendimiento de roca en los tajeos de producción de la E.A. Cerro S.A.C. Indica que las estadísticas de seguridad se incrementen, dejando perdidas económicas y personales.

La evaluación geomecánica, permitirá conocer el comportamiento

geomecánico del macizo rocoso y aplicar los conocimientos técnicos de ingeniería, para la aplicabilidad del sostenimiento mecanizado oportuno con pernos de anclaje, este trabajo de investigación permitirán a otras empresas mineras continuar con proyectos similares.

La presente sirve para minimizar accidentes y bajar las estadísticas de seguridad y considerar en los trabajadores y supervisores la importancia del control del sostenimiento respetando los parámetros del metro avanzado metro sostenido y cumpliendo el estándar de sección del tajeo 4x4 metros para terrenos con roca tipo III, para el mejor control proceder con la evaluación geomecánica en situ por el área de geomecánica y aplicar los softwares para tomar los parámetros del sostenimiento y garantizar las condiciones operativas..

1.5.2 Importancia

Este trabajo de investigación es importante porque haciendo uso de la tecnología de información, se hará extensivo la capacitación teórico-práctico a todos los responsables en el tema de sostenimiento de las diferentes empresas contratistas mineras que realizan las actividades de explotación; así como también a los supervisores y a los trabajadores para tener resultados más satisfactorios en la reducción de accidentes por desprendimiento de rocas y generar mayor cultura de prevención.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Ministerio de Energía y Minas (2015). Accidentes Mortales 2017. El Ministerio de Energía y Minas tiene como objetivo promover el desarrollo integral de las actividades minero - energéticas, normando, fiscalizando y/o supervisando, según sea el caso, su cumplimiento; cautelando el uso racional de los recursos naturales en armonía con el medio ambiente. Emite el boletín estadístico de minería informando periódicamente los indicadores relevantes sobre los incidentes y accidentes mortales del sector para la implementación de medidas de seguridad en las empresas mineras, en la presente investigación se tomo en cuenta referencialmente las estadísticas desde el periodo 2000 hasta el 2016 sobre la totalidad, tipo y empresas. (Ver anexo 2)

Valdivieso, L. (2003). Seguridad e Higiene Minera en la Compañía Minera Caylloma SA (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas).

El Tesista consideró en Seguridad e Higiene Minera en la Compañía Minera Caylloma, los datos estadísticos comprendidos entre el periodo 1996 al 2002. donde se revisan todos los aspectos. Luego describe las estrategias adoptadas para la reducción de accidentes en la Unidad Minera considerando la implementación del sistema 5 puntos de seguridad y el Sistema ISTECH con conclusiones en: Contar con un sistema de seguridad propio, capacitaciones constantes en cultura de seguridad, involucramiento de los trabajadores con procesos de sensibilización y concientización en el sistema de seguridad, el área de mayor riesgo es mina, el sistema 23 x 7 es conveniente para los trabajadores para participar en el núcleo familiar, la política de seguridad dan derechos y responsabilidades a supervisores y trabajadores, la auditoría base es punto de inicio para implementar un sistema donde determine fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas que tiene la empresa, siendo el Iper herramienta importante en secciones de mas alto riesgo, siendo fundamental el compromiso que no debe ser por reacción debe hacerse por prevención para mejorar la gestión de riesgos.

Giraldo, M. y Badillo, J. (2016). Implicancias técnicas y económicas de los accidentes mortales en la minería peruana. Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, 18(35).

Los autores consideran el objetivo la reducción de accidentes en las labores mineras u otras excavaciones subterráneas, los que en mayor porcentaje son ocasionados por desprendimiento de rocas. Analizan las consecuencias técnicas y económicas de los accidentes, se han recurrido a las fuentes primigenias para levantar la información pertinente a los accidentes ocurridos en la minería a lo largo de más de 12 años. Para cumplir con los objetivos de la presente publicación, además, se ha revisado la literatura existente y se han actualizado los costos de los accidentes analizados por el Mg. Tomás Acero en el año 2004 y las consecuencias sociales y empresariales. En términos generales, el número de accidentes mortales desde el año 1970 a 2013 se ha reducido sustancialmente. El 33% de los accidentes mortales son ocasionados por desprendimiento de rocas. Se demuestra que por cada accidente mortal ocurren 28 accidentes incapacitantes, 138 leves y 2,822 incidencias. Un accidente mortal alcanzaría un costo de 397,895 dólares americanos. Los accidentes ocasionados por desprendimiento de rocas del año 2000 al 2013 habría costado 97'086,453 dólares a la industria minera, que traducido en sostenimiento correspondería a varios kilómetros de labores sostenidas con pernos de roca. Análogamente, un accidente tiene consecuencias nefastas para la familia del accidentado, la sociedad y la empresa.

Pardo, L. (2014). Prevención de caída de rocas como medida de seguridad en Mina San Cristóbal.

El tesista indica el alarmante incremento en el índice de accidentes por caída de rocas representando el 32% del total de accidentes en la minería nacional en los últimos 13 años. Hoy en día con la ayuda de la Ingeniería de la mecánica de

rocas se puede predecir el comportamiento del macizo rocoso realizando la caracterización geotécnica del yacimiento, zoneamiento de la mina en dominios geotécnicos de comportamiento singular, concluye escasa supervisión en labores críticas, aplicación correcta del Iperc capacitaciones constantes, supervisión eficaz, desate mecanizado con scaler, calidad en la perforación y voladura, sostenimiento oportuno contribuyen en la reducción de accidentes

Bustamante, A. (2008). Geomecánica aplicada en la prevención de pérdidas por caída de rocas mina Huanzalá-Cía. Minera Santa Luisa SA.

El tesista indica que la minería es una de las actividades de más alto riesgo que el hombre realiza. Las estadísticas indican que la causa mas frecuente de los accidentes en el interior mina es por caída de rocas. Según estadísticas de los 62 accidentes fatales ocurridos en el año 2007, aproximadamente el 23% de éstos (14 fatalidades). Si a esta cifra le añadimos el 13% de accidentes originados por derrumbes, deslizamientos, soplado de mineral o escombros, la segunda causa de muerte en minería, es más de 36% de fatalidades relacionadas con la inestabilidad de las rocas. Lo que perjudica a las empresas mineras por la pérdida de su recurso más valioso: el hombre. Hoy en día la geomecánica es muy importante en la industria minera, en lo que es la estabilidad de la masa rocosa. El objetivo de la presente tesis es contribuir en reducir los accidentes (incapacitantes y fatales), daños a la propiedad (equipos e instalaciones), y paradas de procesos (operaciones), a la mina Huanzalá, mediante: a) Un estudio geomecánico y de un sostenimiento adecuado de labores mineras, tales como: Pernos de anclaje, cable bolting, shotcrete por vía seca - vía húmeda y la malla metálica, b) La Implementación del Sistema de Gestión de Seguridad, basado en

el Sistema de Seguridad y Salud Ocupacional OHSAS:18001-1999 y el Sistema Ambiental ISO: 14001- 2004, que viene realizando la empresa, y c) El Planeamiento Estratégico que se desarrolló años atrás en la unidad y que se debe mejorar y actualizar con algunos conceptos modernos. Herramientas muy importantes en la actualidad que vienen desarrollando muchas empresas exitosas, todo esto permitirá a la empresa Santa Luisa, realizar sus operaciones con calidad a mediano plazo. Por tanto, estas herramientas permitirán también, disminuir la ocurrencia de incidentes en las diferentes operaciones mineras.

2.2 Marco Histórico.

Alonso, E. (2002) “Apuntes de la asignatura de Túneles. Teoría 1ª Parte.:Historia de los túneles”. UPC, E.T.S.E.C.C.P.B. Edición 2002.

La minería data desde los años 40,000 a.C, con el uso de piedras en Europa, posteriormente en Babilonia durante los años 2200 A.C, se construyó el falso túnel mediante una zanja a cielo abierto, según la historia las culturas construyeron tuneles por diversos motivos así en Egipto y culturas orientales en el siglo X a.C se realizaron con el fin de captación y abastecimiento de agua a las ciudades referenciando a la Isla de Samos hacia 530 a.C, en el imperio Romano construyeron galerías mineras, tuneles para alcantarillado, drenaje de lagos volcánicos, abastecimiento de agua, militares y catacumbas, en la Edad Media en este periodo la minería se consolida en Centroamérica en el siglo XVIII surge la era de los canales considerando el canal de Midi para unión de dos mares, luego en la era de los ferrocarriles se usaron maderas como infraestructuras y los revestimientos de tuneles, en la revolución industrial se contruyo el Tunel Hossac donde se utiliza por primera vez la nitroglicerina con aplicación de

diversos métodos de construcción de túneles como son los sistemas Inglés, Belga, Alemán y el método Austriaco. Concerniente al sostenimiento se usaron revestimiento con hormigón y acero moldeado mediante inyección a presión y la máquinas tuneladoras con revestimiento a sección completa con la finalidad de minimizar accidentes.

Acha, G. Mendoza, R. Rickards, M. Porras, J. (2010) Minería en la Historia del Perú. La minería en el Perú antecede antes de la época incaica , las diversas culturas pre-incas extraían minerales y convertían en armas y artículos domésticos, después de la formación del Tahuantinsuyo se instauró la administración del mineral con criterios de propiedad, áreas de explotación y categorías minero y metalúrgicos, para el manejo de los minerales los incas establecieron trabajos de ingeniería a nivel subterráneo con periodos y turnos de extracción entregando el oro y la plata como tesoro religioso, a la llegada de los españoles se inicia los saqueos encontrando minas en Lucanas, Jauja, Jaén, siendo la principal Potosí, etc, que gozaron en calidad de propietarios, en la minería virreinal fue rentable para los españoles debido a las reservas con sobre explotación a los indios mineros y por ser peligrosas durante el siglo XVII la minería peruana fue la principal productora de plata y la segunda en oro, en el siglo XVIII la minería se encontró mal a la caída de la producción de plata por el agotamiento de la menas mas ricas de los yacimientos, la fiscalización del virreinato a la minería, el estado colonial en el Perú se dio preferencia a la producción argentífera con contratos temporales y con salarios fijados por el gobierno hasta la independencia se incrementó la producción de plata en áreas dispersas del territorio entre el Sur y Centro del país los filones de mejor ley se

agotaron se abrieron galerías y socavones con riesgo para los trabajadores mineros para esta época no se tiene referencia sobre datos de accidentes, con la utilización de la pólvora para romper la roca y considerando el drenaje y ventilación con la preparación de pozos o piques verticales para el izaje de mineral para luego ser procesada metalúrgicamente. En la independencia al coyuntura de la guerra provocó recesión en la producción, que trajo consigo anegamiento de labores, hubo un repunte en Pasco por la tecnología de máquinas a vapor y socavón de drenaje (Quilacocha) asentándose los campamentos mineros en la serranía del país, la guerra movilizó a unos 25000 hombres con escasez de mano de obra que dejaron sin operarios. Sin animales de transporte y sin seguridad en las operaciones, en el siglo XIX la llegada del ferrocarril trajo consigo la fuerza urbanizadora con sus propios campamentos.

Helfgott F. (2009) Apuntes sobre la historia de Pasco y su relación con la minería.

La historia de Pasco está ligada a la minería los yacimientos ya eran trabajados desde la época pre hispánicas, según los cronistas fueron parte del rescate de Atahualpa. Se asentaron los españoles atraídos por su riqueza minera y concentrar etnias pasqueñas como los Pumpus, los Yaros tradición ganadera también fue el primer asentamiento europeo en la región con base para la posterior ciudad, se atribuye el descubrimiento del yacimiento de San Esteban de Yauricocha (Cerro de Pasco) por el pastor indígena Huaricapcha en los inicios del siglo XVII cuando ya Potosí entró en decadencia y recibiendo el nombre de "Ciudad Real de Minas" y "Opulenta Ciudad" por sus riquezas que eran extraídas con la mano de obra nativa pero también fueron lugar de tragedias

como el colapso del socavón Matagente durante el terremoto de 1746 con 300 mineros muertos. Después de la independencia del Perú, la producción entró en decadencia y la producción estaba caracterizada por pequeñas minas de propiedad de individuos y familias que dividían sus actividades en agrícolas y mineras y que fue controlado el beneficio del mineral por los arrieros llameros por el transporte que se superó con la llegada del ferrocarril, hasta fines del siglo XIX los empresarios mineros pusieron su atención de la plata al cobre por la subida de su precio al avance tecnológico industrial en países como Inglaterra, Alemania y Estados Unidos. En 1902 se funda la Cerro de Pasco Copper Corporation comprando todos los derechos mineros en la ciudad construyendo el ferrocarril a la Oroya en 1906 se construye la fundición de Tinyahuarco para procesar minerales con crecimiento de la ciudad de Cerro de Pasco en los años 40s se comenzó con la tecnificación de su producción con mano de obra reducida y calificada, a la mitad del siglo XX se poseía una cultura cosmopolita dinámica que atraía ingenieros de Europa, Estados Unidos y el Perú, con migrantes para utilizar la técnica del tajo abierto “Mc Cune Pit” que fue reemplazando la minería subterránea por tener mayor producción y seguridad en control de sostenimiento de lo convencional al mecanizado. En 1974 la empresa es nacionalizada y se crea la Empresa Minera del Centro del Perú, en 1999 pasa a poder de la Empresa Minera Paragsha, la operación minera subterránea cuenta con 6 niveles del nivel 800 al nivel 1800 en la actualidad la mina de la E.A Cerro S.A.C, es una empresa minera diversificada y un importante productor de minerales polimetálicos de zinc, cobre, plata y plomo.

Según la historia del sostenimiento utilizado en la mina de Cerro de Pasco se especifica los siguientes tipos: Square set, corte relleno descendente y corte relleno ascendente con cuadros de madera, cámaras y pilares, shirinkage, block caving, sub level stoping, recuperación de pilares en Breasting. Según los años de explotación desde sus inicios operacionales, Hasta estos últimos años en la que la explotación se tecnificó pero pese a ello existen accidentes por caída de rocas, actualmente se cuenta circundantemente con laboreo anteriores, donde el terreno es inconsistente y requiere mejorar las técnicas de sostenimiento, las más indicadas son los pernos de anclaje temporal o definitivo "Split Sets", pernos helicoidales con fines de contribuir en el desarrollo de una explotación minera rápida, responsable y segura, para minimizar los accidentes y maximizar la producción.

Olivares, J. (2015). Estadísticas de Seguridad E.A. Cerro S.A.C.

Según los datos estadísticos desde el año 2001 hasta el 2015 muestra del 100% total accidentes leves fue 641 incapacitantes 464 y mortales, los índices de frecuencia al año 2001 fue 6.47 al 2015 fue 2.68, los índices de Severidad en los mismos años fue de 5422 a 134 y los índices de accidentabilidad fue de 35.08 a 0.36 según pasaban los años se reducían los índices y se continuaban con los accidentes de trabajo, pero se proyectó con cero accidentes el cual es la meta de todo titular minero. Para efecto de ello, este capítulo está elaborado de acuerdo a un seguimiento estadístico de los accidentes nacionales e índices de frecuencia y severidad de los reportes realizados tanto de la Empresa Minera y de las contratadas a su servicio.

Para efecto de ello, este capítulo está elaborado de acuerdo a un seguimiento estadístico de los accidentes nacionales e índices de frecuencia y severidad de los reportes realizados tanto de la Empresa Minera y de las contratadas a su servicio.

2.3 Marco Conceptual.

Para el marco teórico conceptual se revisaron muchas bibliografías especializadas de geomecánica, seguridad, folletos, revistas y páginas de internet, para nutrir mejor y sea útil este trabajo, de este modo se utilizarán algunas estrategias o técnicas geomecánicas, que influirá en la elección del tipo de sostenimiento y los elementos que se usaran dentro de los tajeos de producción.

Según la estadística de seguridad nacional y local se evidenció que la mayor incidencia de accidentes por tipo se presentó en desprendimiento de roca y/o sostenimiento ocasionando que los indicadores de seguridad (IS, IF y IA) se incrementen.

2.3.1 Sostenimiento Mecanizado en la E.A. Cerro S.A.C.

En la minería subterránea para la aplicación del sostenimiento mecanizado se utilizan los equipos emperadores que es empleado para fortalecimiento y enmallado mecanizado en secciones medianas desde 4 x 4 hasta labores de 7 m de altura, equipado con una plataforma giratoria con un lanzador para instalar pernos de Split Set, Helicoidales con resina y cemento, hydrabolt, además cuenta con carrusel de pernos, brazo manipulador de malla permite realizar enmallado mecanizado eficiente y segura, acelera el ciclo de minado, elimina las perforadoras manuales,

mejora la alta productividad de instalación de pernos. Este equipo también posee chasis para trabajo pesado, articulado, auto propulsado con motor diésel, electro hidráulico para la perforación

Imagen 1 Equipo empernador realizando sostenimiento mecanizado con pernos Split set en tajeo E.A. Cerro S.A.C



Fuente: Elaboración propia

2.3.1.1 Implementación de la Tabla Geomecánica en la E.A. Cerro S.A.C: Fernandez, F. (2012) Sustento técnico para la implementación de la tabla geomecánica en la E.A. Cerro S.A.C.

El yacimiento de Cerro de Pasco es de tipo Hidrotermal, emplazado a lo largo del fallamiento longitudinal N-S que pone en contacto el Grupo Pucará (calizas de grano fino y dolomitas en estratos gruesos a delgados) y el Grupo Excelsior (filitas, cuarcitas y lutitas carbonosas) y que

posteriormente fue intruido por rocas ígneas de composición dacítica que formaron un cuello volcánico. Consiste en cuerpos de pirita, pirrotita y plomo – zinc, además, de vetas de Pb, Zn, Cu y Ag controladas por el sistema de fallamiento E-W, presentándose además, un plegamiento regional N-S y un plegamiento transversal local E-W. (Ver anexo 3)

¿Cuál es la clasificación Geomecánica de la mina Cerro de Pasco E.A Cerro S.A.C?

En la mina de Cerro de Pasco (Paragsha) tenemos los siguientes tipos de roca:

Roca tipo I.- Solo se presentan casos muy puntuales, en pequeñas dimensiones, suele observarse en calizas silisificadas de estratos gruesos, en cuerpos de pirrotita masiva o pirita masiva. El RMR de estos cuerpos oscila entre 81 y 90. Su resistencia a la compresión está por encima de 100 MPa, en algunos casos hemos encontrado resistencias de 140 MPa. Su GSI es Masivo/Bueno (M/B) a Fracturado/Bueno (F/B) en casos de pirita o pirrotita, Fracturada en bloques/Bueno (B/B) a Muy fracturado/Bueno (MF/B) en pirita y pirrotita diaclasada y caliza estratificada y Fracturada/Buena en calizas estratificadas. En total representan el 1% del macizo rocoso de Cerro de Pasco, por ello no lo consideramos en nuestro mapeo general.

Roca tipo II.- Se presentan en calizas, dolomías y en pirita fracturada. Su RMR varía de 61 a 80, su resistencia a la compresión varía de 40 a 100 MPa, en algunos casos tiene 110 MPa. Su GSI es Fracturado/Pobre (F/P) en calizas, Muy Fracturado/Regular (MF/R) en piritas y calizas e

Intensamente fracturado/Bueno (IF/B) en piritas. En total representan el 15% del macizo rocoso de Cerro de Pasco.

Roca tipo III.- Se presentan en Calizas y dolomías alteradas, en piritas alteradas y muy fracturadas y en rocas volcánicas en general. Su RMR varía de 41 a 60, la resistencia a la compresión de la roca intacta es muy variable, desde los 24 MPa hasta 100 MPa, lo determinante es su grado de fracturamiento y la presencia del agua. Su GSI es Fracturado en Bloques/Pobre (B/P) a Fracturado/Pobre en rocas volcánicas, Fracturado/Muy Pobre (F/MP), en calizas y dolomías estratificadas y piritas, Muy Fracturado/Pobre (MF/P) en calizas dolomías estratificadas y piritas, Intensamente fracturado/Regular (IF/R) en calizas y dolomías estratificadas y piritas, Triturada o Brechada/Buena (T/B) en piritas de alta resistencia y bien trabadas. Estas rocas en presencia de agua se degradan y pasan a roca tipo IV. En total representan el 35% del macizo rocoso de Cerro de Pasco.

Roca tipo IV.- Se presentan en calizas, dolomías y piritas muy alteradas, en rocas volcánicas alteradas y muy fracturadas, generalmente presentan en sus fracturas rellenos de panizos, brechas o piritas finamente triturada. Su RMR varía de 31 a 40, la resistencia a la compresión es muy variable desde 15 MPa a 80 MPa, en piritas puede llegar o pasar de 100 MPa, lo determinante es su grado de fracturamiento y la presencia del agua. Su GSI es Fracturado/Muy pobre (F/MP) a Muy Fracturado/Muy pobre (MF/MP) en rocas volcánicas, Muy fracturado/Muy pobre (MF/MP) en calizas y dolomías estratificadas y piritas, Intensamente

fracturado/Pobre (IF/P) en calizas y dolomías estratificadas, en piritas y en filitas excelsior y Triturado o brechado/Regular (T/R) en calizas y dolomías estratificadas bien trabadas. . Estas rocas en presencia de agua se degradan y pasan a roca tipo V. En total representan el 30% del macizo rocoso de Cerro de Pasco.

Roca tipo V.- Se presentan en calizas y dolomías descompuestas conformando brechas y panizos, piritas friables, brechadas o finamente trituradas, en volcánicos intensamente fracturados, brechados y alterados, en filitas muy foliadas y húmedas. Su RMR varía de 1 a 20, la resistencia a la compresión es variable desde 2 MPa hasta 14 MPa. Su GSI es Intensamente Fracturado/Pobre (IF/P) en volcánicos; Triturado/Pobre (T/P), Intensamente fracturado/Muy pobre (IF/MP) y Triturado/Muy pobre (T/MP) en calizas, piritas y filitas. Estas rocas en presencia de filtración de agua se convierten en lodos y colapsan de inmediato perjudicando el avance de las excavaciones. En este caso se requiere darle un tratamiento especial con inyección de resinas y cementos o con uso de marchavantes tupidos de rieles y sostenimiento pesado o con paraguas de varillas de fierro corrugado de alta densidad y cementados.

Por lo general se opta por hacer un by pass para eludir el colapso o buscar una alternativa de excavación. En total representan el 19% del macizo rocoso de Cerro de Pasco.






Tabla 1 Clasificador geomecánica

ZONA	III		
LABOR	Tj : 14986 N	FECHA	: 13/01/2015
NIVEL	: 1400	MAPEADO POR:	Ing. Fredy Fernández Mavila
PISO	: 11	GEOLOGIA	:
		PROGRESIVA	: Frente hastial Zita El Pobre con filtración de agua
PROPIEDADES		DATOS DE CAMPO	VALORACION
1. Resistencia a la compresion uniaxial		40 Mpa	5
2. RQD		55%	13
3. Separation entre discontinuities		0.10 a 0.30 m	9
4. Estado de discontinuities:			
Longitud		1.0 a 3.0 m	4
Aperture		0.1 a 1.0 mm	3
Rugosidad		Rugoso	5
Relleno		Suave	2
Alteracion		Moder. alterado	3
5. Agua subterranea		Humedo	4
6. Orientation de discontinuities		Media	-5
RMR			48
CLASIFICACION GEOMECANICA		Roca Tipo	III

Fuente: Área geomecánica E.A Cerro S.A.C.

Tabla 2 Clasificación de macizos rocosos según Bieniawski

CLASIFICACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS SEGÚN BIENIAWSKI

INDICE RMR	ROCA TIPO	COLOR
81 a 100	I	
61 a 80	II	
41 a 60	III	
21 a 40	IV	
01 a 20	V	

Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

2.3.1.2 Criterios usados para la clasificación Geomecánica

Estos procesos influyeron en las características geomecánicas del macizo rocoso en el que se desarrollan todas nuestras actividades subterráneas, entre las cuales están:

- Condición de tensiones, tanto in-situ (es decir, de pre-minado), como inducidas en el contorno de las cavidades minadas.

- Condición de discontinuidades (fallamientos, estratificación y fracturamiento, y su orientación con respecto a las cajas y techo de las excavaciones).
- Condición de resistencia (grado de alteración, rellenos, formas de las paredes de las discontinuidades y aberturas).
- Condición hidrogeológica.

A su vez, estas condiciones influyen en la metodología de excavación en las labores de extracción y desarrollo que deben aplicarse en la mina, especialmente en los procedimientos y uso del soporte adecuado para asegurar la integridad de las personas y equipos que permanecen en cualquier cavidad.

La condición de tensiones inducidas está dada por:

- Presencia cercana de fallas, plegamientos o intrusiones.
- Morfología del terreno, (condiciones superficiales moderadas, profundas, taludes escarpados).
- Excavaciones circundantes, las que incrementan significativamente las tensiones inducidas en el contorno de cavidades importantes, lo que puede generar concentraciones de tensiones que superen a la resistencia de la roca, con su ulterior colapso.

La condición de discontinuidades está controlada por:

- Orientación y sistemas de las mismas.
- Espaciamiento y persistencia.

2.3.1.3 Clasificaciones Geomecánicas.

Los principios generales de las clasificaciones geomecánicas propuestas hasta antes del índice G.S.I., tienen los siguientes atributos:

- Son simples, fáciles de recordar y comprensibles.
- Sus términos son claros y la terminología empleada es ampliamente aceptada
- Incluyen propiedades significativas de la masa rocosa.
- Los parámetros considerados son fácilmente medibles mediante ensayos simples, adecuados y económicos.
- Dependen de la ponderación individual que le asigne la persona encargada a cada uno de los parámetros considerados.

Los métodos más destacados son: Terzaghi (1,946), Lauffe (1,958), Deere (1,969), Wickham (1,972), Bieniawski (1,973) y Barton (1,974), con sus diferentes modificaciones posteriores, siendo los de mayor uso, la clasificación geomecánica según el Índice RMR (Bieniawski) y según el Índice Q (Barton), los mismos que se definen en forma resumida a continuación. Es también interesante señalar que a partir de la Clasificación de Laubscher se ha formulado una variante de orientación minera muy difundida en la actualidad.

2.3.1.4 Índice RMR (Rock Mass Rating).

Bieniawski (1979). El sistema de clasificación Rock Mass Rating

Esta clasificación toma en cuenta los siguientes parámetros:

- Resistencia uniaxial de la matriz rocosa.
- Grado de fracturamiento en términos de RQD.

- Espaciado de discontinuidades.
- Condiciones de las discontinuidades.
- Condiciones hidrogeológicas.
- Orientación de las discontinuidades respecto a la excavación.

De acuerdo a la incidencia de éstos parámetros se expresa la condición de la excavación con un índice que varía de 0 a 100 denominado RMR, existiendo variaciones y modificaciones posteriores a éste índice que se han ido desarrollando por diferentes autores en base a sus experiencias y adecuados a labores mineras, habiéndose definido en M.B.R., en el cual se hace una corrección por método de excavación y cercanía de la voladura.

2.3.1.5 Índice Q.

Barton (1974) El sistema Q o Clasificación Barton

Está basado en una evaluación numérica de sus parámetros, relacionados entre sí, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q = \left(\frac{RQD}{J_n} \right) \times \left(\frac{J_r}{J_Q} \right) \times \left(\frac{J_w}{SRF} \right)$$

Donde:

RQD = Índice según la valuación de Deere.

J_r = Índice según el número de fracturas.

J_n = Índice según la forma de la superficie de las fracturas.

J_Q = Índice según la alteración en la superficie de las fracturas o su relleno.

J_w = Coeficiente reductor por presencia de agua.

SRF = (Stress reduction factor) coeficiente dependiente del estado tensional del macizo rocoso.

Asociados estos parámetros en grupo, obtenemos que:

(RQD) = Representa el tamaño del bloque.

J_n

(J_r) = Representa la resistencia al corte de bloque.

J_Q

(J_w) = Representa la influencia del estado tensional.

SRF

2.3.1.6 Índice G.S.I. (Geological Strength Index).

Hoek (1994). Índice de Resistencia Geológica.

Este índice ha sido introducido como un equivalente del RMR para que sirva como un medio de incluir la información geológica en la aplicación del criterio de falla generalizada de Hoek - Brown, especialmente para rocas de mala a muy mala calidad (muy alterada y con elevado contenido de finos).

En la determinación del G.S.I. el primer paso a seguir es, definir en forma empírica la resistencia y deformabilidad de la masa rocosa, basándose en las condiciones estructurales (grado de fracturamiento) y de superficie (alteración, forma de fracturas, relleno), según apreciaciones de campo.

La clasificación según su estructura varía de:

- Levemente fracturada. (LF)
- Fracturada (F)

- Muy fracturada. (MF)
- Intensamente fracturada. (IF)
- Triturada (T)

La clasificación según sus condiciones superficiales varía de:

- Muy buena. (MB)
- Buena (B)
- Regular (R)
- Pobre (P)
- Muy pobre. (MP)

Su aplicación permite obtener una clasificación geológica muy simple como por ejemplo: fracturada, regular (F/R) o muy fracturada, muy pobre (MF/MP) y mediante la tabla de Ábacos del G.S.I. relacionar a esa descripción con los valores aproximados de los Índices RMR (ver Tabla N° 1) o Índice Q (ver Tabla N° 2), por ejemplo a una descripción MF/MP, el valor del Índice RMR sería equivalente a 30 y el Índice Q a 0.2; para un F/R, el valor del Índice RMR sería 7 y el Índice Q = 60.

2.3.1.7 Relación entre las Clasificaciones Geomecánicas y el Tipo de Sostenimiento.

- En base a las condiciones del macizo rocoso en el área excavada, definidas por los diferentes tipos de clasificación Geomecánica, se determina el tipo de soporte a colocar y que consisten en:
 - Sin soporte o perno ocasional.
 - Pernos sistemáticos con reticulados de 1.5 x 1.5 m.

- Pernos sistemáticos con malla en reticulados de 1.0 x 1.0 m. (con o sin platinas).
- Shotcrete de 2" (5.0 cm.) con o sin fibra.
- Shotcrete de 4" (10.0 cm.) con fibra.
- Shotcrete de 2" con empernado sistemático cada 1.0 x 1.0 m. con malla o con fibra.
- Shotcrete de 2" y cimbras metálicas.
- Cimbras metálicas
- Cuadros de madera.
- La longitud de los pernos, así como su tipo, depende de las condiciones de la roca, el tiempo de uso de la labor y sus dimensiones.
- El tiempo de auto soporte mínimo, así como, la abertura máxima permisible sin soporte, está relacionado con el Índice Q según la siguiente relación:

$$\text{Abertura máxima} = 2 (\text{ESR}) Q^{0.4}$$

Valores de ESR

Abertura máxima y tiempo de auto soporte según el Índice RMR,

2.3.1.8 Estimados de Sostenimiento utilizado en labores de la E.A.

Cerro S.A.C.

Teniendo como base el volumen de minado y los metrados totales de los avances se ha procedido a estimar la cantidad de elementos de sostenimiento que se requerirá a futuro en la ejecución de los trabajos proyectados a fin de elaborar el presupuesto definitivo.

Para ello nos basamos en los estándares de sostenimiento establecidos para cada tipo de roca de acuerdo al cuadro siguiente:

Cuadro 1 Descripción de los tipos de sostenimiento en la E.A. Cerro S.A.C

DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE SOSTENIMIENTO			
ROCA TIPO	LABORES PERMENENTES	LABORES TEMPORALES	TAJEOS DE EXPLOTACIÓN
	Galerías, Subniveles y rampas	Preparación: Ventanas, accesos y Paneles	Cámaras, galerías.
I	Pernos helicoidales ocasionales, sólo donde haya cuñas o lajas con riesgo de desprendimiento.	Split set ocasionales donde haya cuñas o lajas con riesgo de desprendimiento.	Split set sistemático espaciados a 1.50 m, según el RMR.
II	Pernos helicoidales ocasionales y/o sistemáticos espaciados a 1.50 m. según el RMR.	Split set ocasionales y/o sistemáticos espaciados a 1.20 m, según el RMR.	En cámaras de sección 10 m. x 5 m.: pernos helicoidales sistemáticos a 1.50 m. x 1.5 m. o split set sistemáticos espaciado a 1.20m.x 1.20 m. según el RMR de la roca.
III	Malla electrosoldada con pernos helicoidales sistemáticos espaciados a 1.50 m. desde la línea de gradiente.	Malla electrosoldada con split set sistemático espaciado a 1.20 m. desde la línea de gradiente.	En cámaras de sección 6 m. x 5 m. Malla electrosoldada con split set sistemático espaciado a 1.20 m x 1.20 m..
IV	<ul style="list-style-type: none"> • Shotcrete de 2 pulgadas de espesor con fibra metálica más pernos helicoidales sistemáticos espaciado a 1.50 m. • Malla electrosoldada con pernos helicoidales espaciado a 1.50 m. más shotcrete sin fibra. • Cimbras en perfiles H espaciados a 1.50 m para terreno con RMR 21 a 30.. Columnas circulares espaciados a 1.00 m. 	<ul style="list-style-type: none"> • Shotcrete de 2 pulgadas de espesor con fibra metálica más splitset sistemático espaciado a 1.20 m. • Malla electrosoldada con split set sistemático espaciado a 1.20 más shotcrete sin fibra. • Cuadros de madera espaciados a 1.50 metros para RMR 21 a 30. 	<ul style="list-style-type: none"> • Shotcrete de 2 pulgadas de espesor con fibra metálica más split set sistemático espaciado a 1.20 m. • Malla electrosoldada con split set sistemático espaciado a 1.20 más shotcrete sin fibra. • Cuadros de madera espaciados a 1.50 metros para RMR 21 a 30. Para secciones de 4 x 4 m.
V	Para secciones de 4 x 4 m ó 3.5 x 3.0 m. <ul style="list-style-type: none"> • Cimbras de 02 cuerpos en perfiles H espaciados a 1.00 m. 	Para secciones de 4 x 4 m ó 3.5 x 3.0 m. <ul style="list-style-type: none"> • Cuadros de madera aserrada espaciados a 1 m. • Cuadros de madera con redondos de 10" x 	Para secciones de 4 x 4 m ó 3.5 x 3.0 m. <ul style="list-style-type: none"> • Cuadros de madera aserrados espaciados a 1 m.. • Cuadros de madera con redondos de 10" x 10" x 10 espaciado a 1 m.

Fuente: E.A Cerro S.A.C.

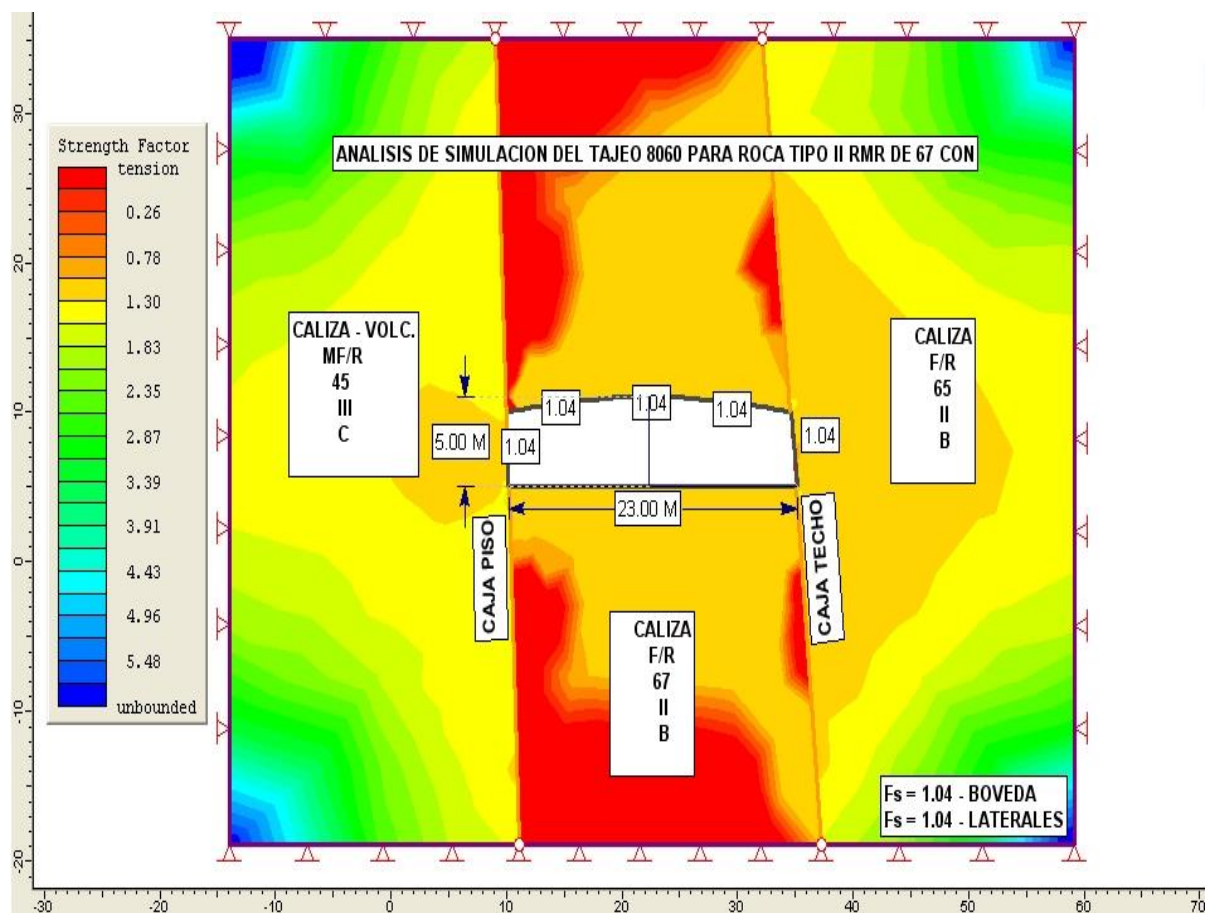
2.3.1.9 Aplicación del Software Geomecánico.

Durante la ejecución de los trabajos programados se presentan factores de inestabilidad asociado a las áreas de influencia especialmente en las áreas de intersección con labores de secciones amplias que crean condiciones de inestabilidad mayores a las de las labores normales; debido a que los esfuerzos inducidos incrementan sus presiones hacia las

estructuras de pilares o puentes existentes entre dos o más excavaciones adyacentes por la amplitud de la excavación.

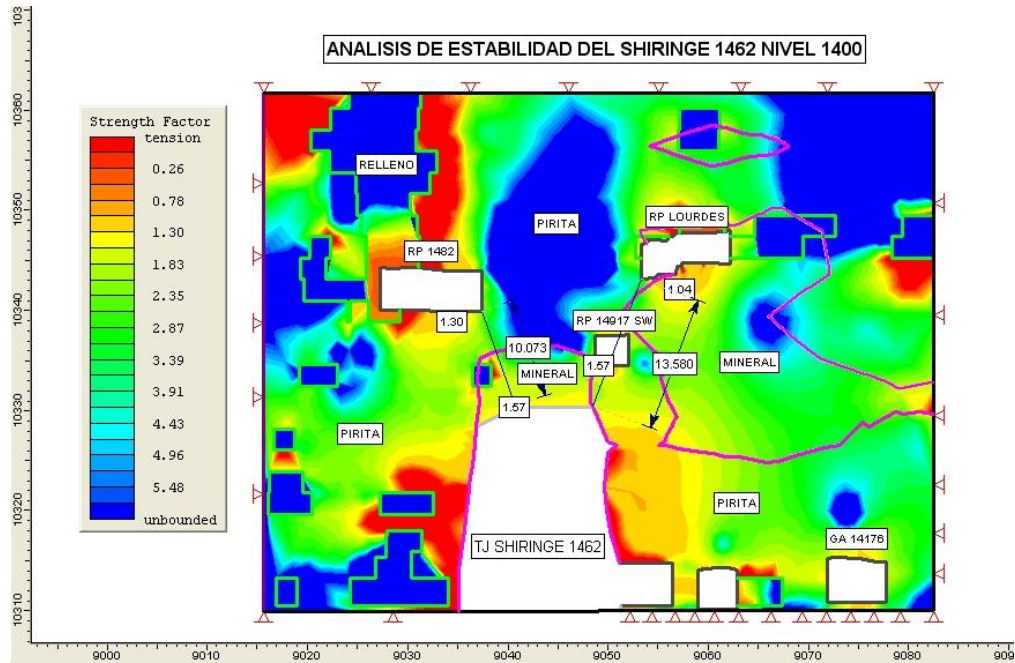
En estas circunstancias se realizan simulaciones con el fin de determinar el análisis de estabilidad mediante el uso de software Geomecánico, desarrollado específicamente para estos fines como son: DIPS, PHASES, UNWEDGE, SLIDE, etc. De esta manera obtenemos factores de seguridad que garanticen la estabilidad y continuidad de las excavaciones; ejemplos:

Figura 1 Simulación del Tj 8060 en NV 800 para una sección de 23.00 m de ancho por 5.00 de alto



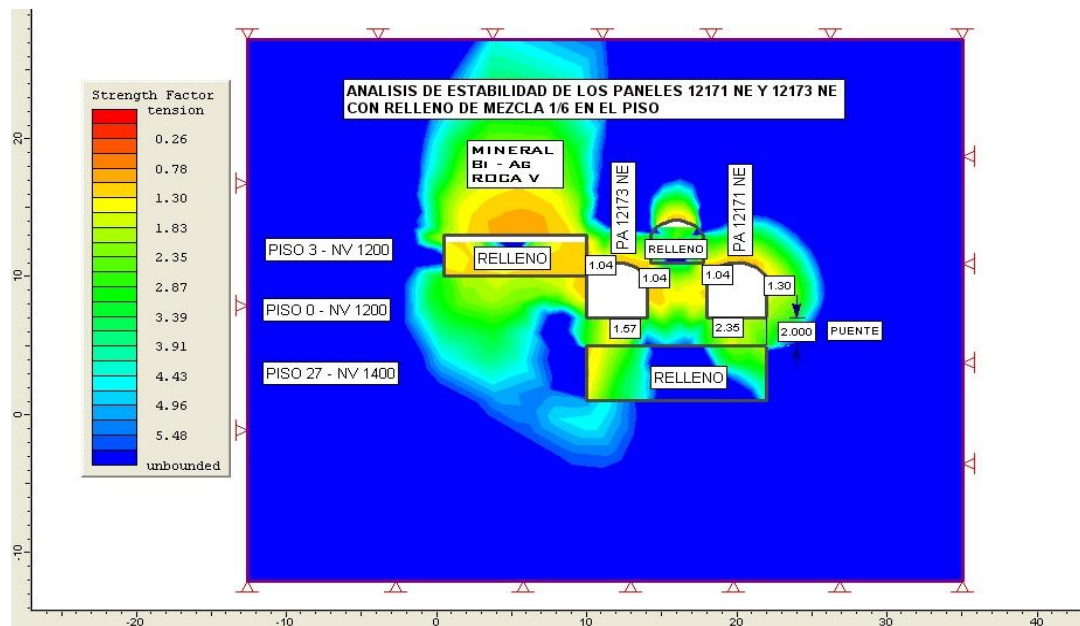
Fuente: E.A Cerro S.A.C.

Figura 2 Simulación del TJ Shiringe 1462 para una sección de 13.00 m de ancho con 20.00 m de alto con puentes a diferentes labores principales de acceso en el nivel 1400.



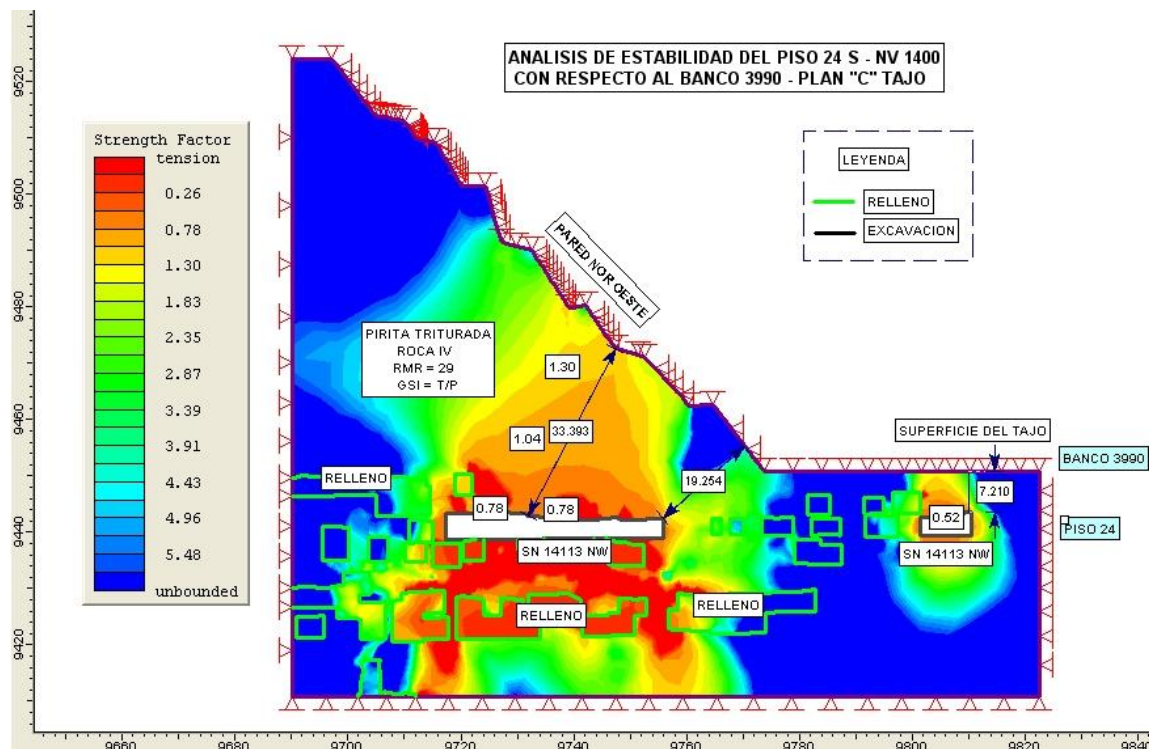
Fuente: E.A Cerro S.A.C.

Figura 3 Simulación de dos paneles adyacentes con relleno cementado en el piso.



Fuente: E.A Cerro S.A.C.

Figura 4 Simulación de la estabilidad del piso 24, Nivel 1400 con respecto a la pared Oeste del Tajo “Raúl Rojas” distante unos 19.25 m del talud del Banco 4000



Fuente: E.A Cerro S.A.C.

2.3.2 Conceptualización de la variable: Reducción de Accidentes

2.3.2.1 Indicadores estadísticos de seguridad al 2015

Permitirá la evaluación de indicadores de seguridad y brindará información a las autoridades pertinentes según los requerimientos de Ley. Se realizó las fórmulas de índices para la Frecuencia, Severidad y Accidentabilidad.

M.E.M (2016). Decreto supremo 024-2016-EM

Índice Frecuencia de Accidentes: Número de accidentes mortales e incapacitantes por cada millón de horas hombre trabajadas. Se calculará con la fórmula siguiente:

$$IS = \frac{\text{N}^\circ \text{ de accidentes} \times 1'000,000}{\text{Horas hombre trabajadas}} \quad (\text{N}^\circ \text{ Accidentes} = \text{Incapacitante} + \text{Mortales})$$

Índice de Severidad: Número de días perdidos o cargados por cada millón de horas - hombre trabajadas. Se calculará con la fórmula siguiente:

$$IS = \frac{\text{N}^\circ \text{ días perdidos o cargados} \times 1'000,000}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

Índice de Accidentabilidad: Una medición que combina el índice de frecuencia de lesiones con tiempo perdido (IF) y el índice de severidad de lesiones (IS), como un medio de clasificar a las empresas mineras. Es el producto del valor del índice de frecuencia por el índice de severidad

dividido entre 1000

$$IA = \frac{IF \times IS}{1000}$$

2.3.3 Política de la Empresa

2.3.3.1 Política:

Compromiso de la alta gerencia que lidera la gestión de preservar la integridad física de sus trabajadores y la preservación del medio ambiente, CERRO S.A.C. tiene su “POLÍTICA DE SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE”, esta política integrada será distribuida y difundida a todos los trabajadores, proveedores, empresas

contratistas mineras y empresas especializadas, visitantes y estará a disposición del público que lo requiera. (Ver anexo 4)

2.3.3.2 Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional

E.A Cerro S.AC.

Tiene comprometido la aplicación, mantenimiento y mejora del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional con la finalidad de reducir los accidentes de trabajo. (Ver Anexo 5).

El IPERC es una herramienta de gestión que sirve para establecer e implementar el proceso de gerenciamiento del riesgo, involucrando identificación, análisis, evaluación, tratamiento y monitoreo continuo de los riesgos.

Existen tres tipos de IPER:

Iperc de línea base, establece el nivel en donde se encuentra la organización en términos de evaluación de riesgos, establece si todos los peligros están identificados.

Iperc específico, está asociado con el manejo del cambio, modificaciones, con gente, métodos de trabajo, condiciones, equipos y maquinaria cambiando/modificándose todo el tiempo.

Iperc continuo, permite una continua identificación de peligros y evaluación de riesgos como parte de nuestra rutina diaria.

Evaluación de riesgos, Proceso que permite estimar la magnitud de un riesgo y decidir si este es aceptable o no.

Tabla 3 Matriz de evaluación de riesgos según anexo 7 del DS-024-2016-EM

SEVERIDAD	IMPACTO	MATRIZ DE EVALUACIÓN DE RIESGOS				
1 Catastrófico	Daño Excesivo	1	2	4	7	11
2 Fatalidad	Daño Mayor	3	5	8	12	16
3 Permanente	Daño Moderado	6	9	13	17	20
4 Temporal	Daño Menor	10	14	18	21	23
5 Menor	Daño Leve	15	19	22	24	25
CONSECUENCIA		A	B	C	D	E
		Sucede Comunmente	Ha sucedido	Podría suceder	Raro que suceda	Imposible que suceda
		FRECUENCIA				

NIVEL	DESCRIPCIÓN	PLAZO
Alto	Riesgo intolerable, requiere controles inmediatos. Si no se puede controlar, se aplica PARE	0-24 hrs
Medio	Iniciar medidas para eliminar / reducir riesgo. Evaluar si la acción se puede ejecutar de manera inmediata	0-72 hrs
Bajo	Riesgo puede ser tolerable	1 mes

Fuente: E.A Cerro S.A.C.

2.3.3.3 Control de Riesgos Críticos.

A nivel corporativo se han establecido 12 riesgos críticos (RRCC) para los cuales se ha elaborado sus estándares correspondientes. Estos Riesgos Críticos serán gestionados por un Guardián Líder de la unidad y por los guardianes de cada área y que serán aplicados por los colaboradores. (Ver Anexo 6)

1. Caída de Rocas:
2. Sustancia Química Peligrosa:
3. Espacio Confinado:
4. Vehículos y Equipos Móviles:
5. Bloqueo de Energías:
6. Herramientas Manuales:
7. Trabajo en Caliente/Gases Presurizados:

8. Explosivos:

9. Cargas Suspendidas:

10. Protección de Máquinas:

11. Energía Eléctrica:

12. Trabajo en Altura:

Controles: Los controles son herramientas de gestión preventivas, no son para aplicar sanciones a los trabajadores, son para corregir desviaciones, salvo que este signifique una falta flagrante.

- Política de SSOMAC
- Estándares operacionales y generales.
- PETS
- Instrucciones de trabajo
- PETAR
- ATS
- Inspecciones – pre uso.
- Mantenimiento preventivo.
- Inspecciones.
- Monitoreo médico.
- Reglas de Oro.
- Equipo electrónico de monitoreo.
- IPERC.
- Política PARE.
- Reporte de actos y condición sub estándar, reporte de incidentes

Política PARE. Da autonomía al trabajador de no laborar (**parar sus actividades**) cuando las condiciones de inseguridad y comportamientos de riesgo atenten contra su salud y su vida. Solo se levantará el **PARE** cuando se haya corregido los comportamientos de riesgo y las condiciones subestandar de la labor y/o ambiente de trabajo.

Figura 5 Simbología de PARE. E.A. Cerro S.A.C.



Fuente: E.A Cerro S.A.C.

Análisis de trabajo seguro: Es una herramienta de gestión de seguridad y salud ocupacional que se realiza cuando no existe Pets, permite determinar el procedimiento de trabajo seguro, mediante la determinación de los riesgos potenciales y definición de sus controles para la realización de las tareas.

Estándares, procedimientos e instrucciones de trabajos.

El Sistema de Gestión de Seguridad de la “E.A. Cerro S.A.C.” cuenta con estándares generales, operacionales, procedimientos escritos de trabajo seguro (PETS) e instrucciones de trabajo, los que permitirán al personal ejecutar trabajos de una manera segura, los Superintendentes y Jefes de área procederán a la revisión una vez al año y cuando se requiera

elaboraran estándares, PETS e instrucciones de trabajo para las actividades nuevas.

Permiso escrito de trabajo de alto riesgo “PETAR”.

E.A. Cerro S.A.C. tiene establecidos estándares, procedimientos y prácticas para trabajos de alto riesgo tales como: en caliente, espacios confinados, excavación de zanjas, trabajos en altura y entre otros..

El PETAR, es una herramienta de gestión preventiva para la ejecución de trabajos de alto riesgo, se tiene implementado los formatos correspondientes que se llenará en el área de trabajo, participará el responsable del área de trabajo, el supervisor de seguridad y los trabajadores a ejecutar el trabajo, en donde analizarán los peligros y riesgos a los que estarán expuestos los trabajadores y procederán a describir la secuencia del trabajo, el cual se realizará con supervisión directa.

Inspecciones de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.

Las inspecciones son visitas a diferentes áreas de trabajo a fin de verificar situaciones de riesgo o procesos peligrosos. Cumplen un rol de vigilancia.

Las inspecciones son parte de la evaluación del Paquete de Seguridad de cada gerencia, su cumplimiento es obligatorio y todos los supervisores se hacen cargo de inspeccionar sus respectivas áreas de trabajo.

El Comité Paritario de Seguridad realizará una inspección al mes como mínimo de manera aleatoria. Las inspecciones gerenciales se cumplirán estrictamente de acuerdo al programa.

Todo el personal que opera equipos deberá cumplir con la inspección de pre - uso diario al inicio de su guardia de trabajo.

Reglas de Oro

Se implementó las 7 reglas de oro para el control de actividades con riesgo a la seguridad, salud, considerando a desarrollar una cultura de seguridad en los colaboradores, con la importancia de cumplir en el trabajo. (Ver Anexo 7)

2.4 Conceptualización de la variable: Sostenimiento

2.4.1 Factores Influyentes que provocan Cambio Estructural

El macizo rocoso de la mina Cerro de Pasco tiene una complejidad en su comportamiento estructural debido a los trabajos de explotación el macizo rocoso ha sufrido perturbación incrementándose la acción de los esfuerzos inducidos, por tal razón se presentan cambios de resistencias a la compresión y al corte por las consideraciones siguientes:

2.4.1.1 Paneles en recuperación

Originalmente el macizo mineralizado ha sido caracterizado como roca tipo I ó II luego fue explotado bajo estas condiciones, posteriormente se ha procedido al relleno de estos espacios vacíos con material detrítico de préstamo llamado Unish. Los bloques mineralizados de estos pilares aún conservan algunas propiedades de la roca intacta original como la dureza, abrasividad, resistencia a la compresión, pero se ha incrementado el grado de fracturamiento y sobre todo la cohesión en sus planos de diaclasamiento de tal manera que se comportan como bloques yuxtapuestos sin adherencia alguna, además, al ingresar por debajo del pilar, se debilita el punto de

apoyo principal, en estas circunstancias se provoca una carga litostática que actúa sobre las paredes del panel que es de relleno Unish. En este caso la roca pasa a ser tratado directamente como roca tipo IV y en algunos casos como roca tipo V.

2.4.1.2 Efectos de la filtración de agua

Tanto por la distribución provocada por la explotación así como por la filtración de aguas subterráneas, el macizo rocoso varía su comportamiento de tal manera que disuelven los materiales cementantes de los rellenos de fractura al descomponerse los minerales higroscópicos conformantes de la roca intacta (Terrenos con material volcánico) o ejercen presión sobre los planos de fractura provocando desplazamientos y deslizamientos. En estas condiciones la roca sufre un proceso de alteración, reduciendo su resistencia a la Compresión y bajando su RMR luego la caracterización pasa a ser de roca tipo III a roca tipo IV, para el caso de los volcánicos y de roca tipo IV a roca tipo V para el caso de las filitas Excelsior.

2.4.2 Tipos de Sostenimiento

Basado en las consideraciones anteriores los tipos de sostenimiento a aplicarse en la mina Cerro de Pasco son los siguientes:

Elementos de Refuerzo Temporal

Se denominan elementos de refuerzo a aquellos elementos estructurales que se incorporan o adhieren al macizo rocoso para aprovechar su resistencia a la tracción y al corte ayudando al macizo rocoso a auto soportarse para mantener abierto la excavación por un tiempo necesario para la ejecución de los trabajos.

Entre estos elementos tenemos:

a. Pernos de fricción Split Set

Cuyo principio de trabajo está basado en la fuerza de fricción que ejerce el muelle de la platina curvada sobre las paredes del taladro de tal manera que ofrezca resistencia a la tracción cuando el macizo rocoso tienda a desplazarse hacia la abertura.

Ensayos de extracción realizados en diferentes labores de la mina nos han demostrado que la resistencia de los pernos de fricción varía según el tipo de roca. Para taladros de diámetro constante de 37 a 38 mm los valores promedio alcanzados son los siguientes: (Ver anexo 8)

Tabla 4 Elementos de Refuerzo Temporal

ROCA TIPO	FUERZA DE EXTRACCIÓN (Tn)	FACTOR DE CARGA (Tn/pie)
II	9.0 a 10.5	1.28 a 1.5
III	6.0 a 7.5	0.86 a 1.1
IV	3.0 a 4.5	0.42 a 0.64

Fuente: Elaboración propia

Barras Helicoidales con resina y mortero de cemento

Cuyo principio de trabajo está en la adherencia del material cementante o resina a la roca y a la superficie corrugada del perno.

Ensayos de tracción realizados en la mina con resinas epóxicas combinados con morteros de cemento se ha logrado alcanzar en promedio los valores siguientes:

Tabla 5 Elementos de Refuerzo Permanente

ROCA TIPO	FUERZA DE EXTRACCIÓN (Tn)	FACTOR DE CARGA (Tn/pie)
I	18 a 22	2.57 a 3.14
II	13 a 16	1.85 a 2.28
III	7 a 10	1.00 a 1.42
IV	2 a 5	0.28 a 0.71

Fuente: Elaboración propia

Estos valores se consiguen en condición en las que se efectúe un buen procedimiento de instalación sobre todo en la longitud del taladro y el correcto batido de la resina para la mezcla de sus componentes gelificantes.

b. Malla electrosoldada

Es un elemento de refuerzo, se basa en el principio de aporte de resistencia a la tracción de los alambres para atrapar los bloques sueltos en el techo y los hastiales. La resistencia a la tracción de la malla es de 5250 Kg/cm², considerando que el diámetro de la malla es 4 mm por cada alambres puede resistir hasta 650 Kg. Esta cualidad se aprovecha cuando se trabaja combinando con el shotcrete para construir un cascarón de concreto reforzado anclado en la roca con los pernos de anclaje. Su aplicación es para sostener excavaciones en rocas tipo III y IVA.

c. Shotcrete

Es la aplicación de concreto al macizo rocoso a presión de aire comprimido. El concreto por naturaleza trabaja a compresión que en este caso llega de 280 a 300 Kg/cm², sin embargo el macizo rocoso por lo general lo somete a flexo tracción, por ello se raja fácilmente cuando existen presiones perpendiculares al cascarón de concreto. Esto se resuelve

adicionando malla electrosoldada para que soporte esfuerzos de tracción, caso contrario se incrementa la cantidad de fibras de acero en una dosificación de 40 a 45 Kg/m³ de concreto preparado.

Para conseguir una correcta aplicación y adherencia a la roca, se necesita que la superficie de aplicación deba ser limpiada de todo residuo de polvo y detritus mediante un lavado con agua a alta presión. En caso de existir rocas con minerales higroscópicos lo mínimo que debe de hacerse es limpiar a presión con aire comprimido con sopletes especiales.

El concreto se infiltra en las fracturas y ángulos de las cuñas de desclasamiento inmovilizando a las rocas sueltas de la periferia de la excavación e incorporándolo a su arco de trabajo de manera que se constituye un cascarón de mampostería.

Se aplica en rocas tipo IIIB y IVA, combinado con malla electrosoldada se puede aplicar en rocas IVB pero con doble capa de shotcrete y para secciones pequeñas que no excedan los 4 metros o en excavaciones de poca profundidad.

d. Columnas Circulares

Denominado también Arcos noruegos, son arcos de concreto armado adheridos a la roca con pernos helicoidales, que se construyen con fierro de construcción con varillas de 1/2" ó 5/8" de diámetro según lo requiera el diseño, pegados al perfil del arco de la excavación y empotrados al piso, luego se recubren con shotcrete hasta 1" a 1 y 1/2" de protección, son especialmente diseñados para sustituir los cuadros de madera o las cimbras en roca tipo IVB, tienen la ventaja de adecuarse al terreno y tienen

esfuerzos residuales que pueden absorber cargas de deformación de menor cuantía.

e. Cuadros de madera

Pertenecen a los tipos de sostenimiento tradicional que se utilizan en terrenos muy débiles de rocas tipo IVA hasta tipo V.

Su principio de trabajo es el aporte de la resistencia a la compresión para soportar cargas de bloques suspendidos en techos o hastiales, también para absorber cargas de fluencia de rocas plásticas panizadas sobre la estructura de los cuadros.

Los cuadros son de madera eucalipto que tienen una capacidad de resistencia a la compresión promedio de 100 Kg/cm². Los postes trabajan a compresión y los sombreros a la flexión. El punto débil de los cuadros es el centro del sombrero debido a que en este punto las vigas de madera tienen mayor momento flector y menor resistencia a la flexión, por ello el encribado que se construye sobre los sombreros debe evitar en lo posible colocar los redondos al centro o cerca del centro de la viga, más bien colocar cerca del punto de apoyo de los postes para que transfiera la presión vertical a los postes que fácilmente pueden soportar cargas de 30 a 40 toneladas por poste.

El espaciamiento de los cuadros depende de la carga muerta o suprayacente a soportar, el estándar para la E.A. Cerro SAC - mina Cerro de Pasco es que para roca tipo IVA se debe espaciar a 1.5 m, para roca tipo IVB a 1.20 m. para roca tipo V se debe espaciar a 0.90m.

f. Cimbras metálicas

Son estructuras de perfiles de acero de dos cuerpos rolados en la parte superior para conformar un arco de semicircunferencia. Se fabrican en vigas H de 6 pulgadas de 23 libras de peso/metro lineal.

El diseño está concebido de tal manera que transfieran la carga del techo al 100% a los postes anclados en el piso, para ello debe cumplir las siguientes condiciones:

Que estén perfectamente alineados para aprovechar al máximo el espacio del intradós.

Que sigan la misma línea de gradiente diseñado para la labor.

Que estén parados manteniendo la verticalidad a sus puntos de apoyo en las bases para que el centro de gravedad de la carga a sostener pase por el eje de la viga H de la cimbra.

Que el eje de la cimbra sea perpendicular al eje de la labor para una mejor distribución de las cargas.

Que las platinas de las bases de los postes estén apoyadas en roca viva o en una plataforma de concreto para que no se hunda en el piso por efecto de las cargas y se desestabilice.

Que el encostillado cubra al 100% el arco circular de la corona para que esta trabaje a la compresión y no haya desequilibrio de esfuerzos que pueda flexionar una parte del arco.

En la mina Cerro de Pasco se viene usando cimbras para dos secciones: una para secciones de 4 x 4 m y otra para secciones de 3.5 x 3.5 m.

2.4.3 Influencia del sostenimiento en la reducción de accidentes en los tajeos de Producción E.A. Cerro S.A.C.

2.4.3.1 Antes del sostenimiento.- Según las estadísticas de accidentes mortales nacionales emitidas por el Ministerio de Energía y Minas desde los años 2000 al 2016 la mayor incidencia porcentual por tipo fue el desprendimiento de roca siendo la mayor cantidad en las empresas contratistas. En la Empresa Cerro S.A.C. La estadística de accidentes desde el año 2001 al 2013 fue alta entre mortales, incapacitantes y leves entre 101 a 20 siendo la mayor incidencia el desprendimiento de roca.

2.4.3.2 Después del sostenimiento.- A la aplicación del sostenimiento mecanizado en la Empresa Cerro S.A.C. Los años 2014, 2015, 2016 y 2017 se tuvo una reducción de accidentes por desprendimiento de rocas llegando a tener por este tipo cero accidentes, considerando la aplicación del sostenimiento pasivo en los paneles de recuperación y sostenimiento activo con pernos de anclaje en tajeos de producción.

2.4.3.3 Estadísticas controles.- Como gestión de seguridad de toda empresa es considerar la meta de cero accidentes por lo que en años 2014, 2015, 2016 y 2017 en la Empresa Cerro S.A.C, no se tuvo accidentes por desprendimiento de roca, en la estadística los índices de Frecuencia, severidad y accidentabilidad de la empresa se presentan entre 0.93-1.69-2.68 (frecuencia), 23-51-134 (severidad) y 0.02-0.09-0.36 (accidentabilidad) por otros tipos de accidentes. Los controles aplicados fueron mayor control en sostenimiento, metro avanzado, metro sostenido, con trabajos geomecánicos inmediatos al proceso de producción,

aplicación de sistema de gestión de seguridad estricta y cumplimiento de la política de la empresa basada en el comportamiento humano considerando los 4 pilares de seguridad implementados para minimizar accidentes.

2.4.3.4 Sustento.- Con la aplicabilidad del sostenimiento mecanizado utilizando pernos de anclaje temporal Split set en tajeos de producción en terreno con roca tipo III de la E.A. Cerro S.A.C. con secciones de 4x4 m. y una longitud máxima de 25 metros según el estándar de la empresa se propone la modificación del sostenimiento con mallas e Split set, por solo Split set con los parámetros de control de abertura y coronación, labores anteriores colindantes cercanas, que permitirán la rapidez del sistema de minado y sostenimiento, esto influenciará en la reducción de accidentes por desprendimiento de roca, por lo que se debe realizar los controles y mapeos geomecánicos continuos, utilizando los softwares de diseño geomecánico, paralelamente se debe influenciar en la supervisión y trabajadores para el cumplimiento estricto de dicho criterio de investigación y permitirá mantener la estadística de seguridad dentro del criterio de cero accidentes. (Ver anexo 9).

2.4.4 Definición de términos básicos:

Medidas de Prevención: FREMM (2007) Especifica que son aquellas que eliminan o disminuyen el riesgo en su origen minimizando la probabilidad de que el acontecimiento no deseado se materialice. En cambio, las medidas de protección actúan fundamentalmente evitando o disminuyendo las consecuencias de los accidentes.

Desprendimiento de rocas: Sinadeci (2004). Caída violenta de fragmentos rocosos individuales de diversos tamaños, en forma de caída libre, saltos, rebote y rodamientos por pérdida de la cohesión y resistencia a la fuerza de la gravedad. Ocurren en pendientes empinadas de afloramientos rocosos muy fracturados y/o meteorizados, así como en taludes de suelos que contengan fragmentos o bloques.

Sostenimiento mecanizado: Corregidor (2015) Se obtiene a raíz de los grandes avances en los ademes de acero de los frentes largos, hasta la segunda guerra mundial, estuvieron en uso los postes de fricción y las varillas o barras, se desarrollaron máquinas lo suficientemente rápidas como para hacer cortes tres o cuatro veces por turno y el nuevo sistema de diseño hidráulico con postes y cabezales en una sola unidad y conectados a transportadoras blindadas para avanzar simultáneamente en el corte en línea del frente para la aplicación de pernos de anclaje y a fricción.

Pernos de anclaje: ISEM (2012). Consiste en una varilla de acero usualmente de 16 mm de diámetro, dotado en su extremo de un anclaje mecánico de expansión que va al fondo del taladro.

Su extremo opuesto puede ser de cabeza forjada o con rosca, en donde va una placa de base que es plana o cóncava y una tuerca, para presionar la roca. Siempre y cuando la varilla no tenga cabeza forjada, se pueden usar varios tipos de placas de acuerdo a las necesidades de instalación requeridas.

Tajeos de producción: Undac (2105). Son labores que tiene por finalidad de derribar y extraer el mineral preparado, es el lugar donde se extrae el mineral.

Política de la empresa: Medina (2012). Es la orientación o directriz que debe ser divulgada, entendida y acatada por todos los miembros de la organización, en ella se contemplan las normas y responsabilidades de cada área de la organización. Las políticas son guías para orientar la acción; son lineamientos generales a observar en la toma de decisiones, sobre algún problema que se repite una y otra vez dentro de una organización. En este sentido, las políticas son criterios generales de ejecución que complementan el logro de los objetivos y facilitan la implementación de las estrategias. Las políticas deben ser dictadas desde el nivel jerárquico más alto de la empresa.

Estadística de seguridad: OIT (1998). Constituyen el marco para evaluar hasta qué punto se protege a los trabajadores de los peligros y riesgos relacionados con el trabajo. Estos indicadores son utilizados por empresas, gobiernos y otras partes interesadas para formular políticas y programas destinados a prevenir lesiones, enfermedades y muertes profesionales, así como para supervisar la aplicación de estos programas y para indicar áreas particulares de mayor riesgo, tales como ocupaciones, industrias o lugares específicos.

Clasificación geomecánica: Carrillo, M., Linkimer, L., Rodríguez, A., & Zúñiga, H. (2002). Las clasificaciones geomecánicas tienen como objetivo el de proporcionar una evaluación geomecánica del macizo rocoso que se estudia a partir de ensayos simples, y observaciones de campo.

Pilares de seguridad: Cit (2005). Es el establecimiento de los principales medios propuestos para poner en práctica esos conceptos, es la elaboración, adopción y aplicación de programas nacionales de seguridad y salud en el trabajo. Se basan en acciones concretas para alcanzar objetivos compartidos, si

bien se reconoce que no sólo la manera sino también el ritmo al que se puede avanzar para realizar mejoras pueden diferir de un país a otro.

2.5 Hipótesis de la investigación.

2.5.1 Hipótesis general

Si se aplica el sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción con roca tipo III, entonces se reducirá accidentes por desprendimiento de roca dentro de la E.A. Cerro S.A.C.

2.5.2 Hipótesis específica

a) Si se determinan el tipo sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción con roca tipo III, se reducirán los índices de accidentabilidad por desprendimiento de rocas en la E.A Cerro SAC.

b) Si se determinan que el sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción con roca tipo III, se reducirán los índices de severidad por desprendimiento de rocas en la E.A Cerro SAC.

2.6 Variables e Indicadores

2.6.1 Variable Independiente

Sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción.

A. Indicadores

- a) Resistencia de la matriz rocosa
- b) Tabla geomecánica
- c. Soporte mediante anclajes

B. Índices

- Clasificación Geomecanica de Bieniawski RMR

- Clasificación Q-Barton
- Aberturas Máximas
- GSI

2.6.2 Variable Dependiente

Reducción de Accidentes por desprendimiento de rocas

A. Indicadores

- a. Estadísticas de Seguridad

A. Índices.

- Índice Frecuencia,
- Índice de Severidad,
- Índice de Accidentabilidad.

2.6.3 Variable Interviniente

Política de la Empresa.

A. Indicadores

- a. Gestión SSOMAC

B. Índices

- Iperc Línea Base
- Iperc Específico
- Iperc continuo
- Matriz de riesgo.

2.6.4 Definición operacional de la variable

Cuadro 2 Definición operacional de la variable

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERATIVA	INDICADORES
X=Sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción.	Realizar sostenimiento mecanizado en tajeos de producción con roca tipo III con sostenimiento conformado por split	Esta referido a la aplicación del sostenimiento mecanizado utilizando	<p>. Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Resistencia de la matriz rocosa b) Tabla geomecánica c) Soporte mediante anclajes <p>B. Índices</p>

	set, para reducir los accidentes por desprendimiento de rocas con disminución en los índices de seguridad.	pernos de anclaje Split set	<ul style="list-style-type: none"> - Clasificación Geomecanica de Bieniawski RMR - Clasificación Q-Barton - Aberturas Máximas - GSI
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERATIVA	INDICADORES
Y= Reducción de Accidentes por desprendimiento de rocas	El costo es fundamentalmente un concepto económico, que influye en el resultado de la empresa.	Esta referido al seguimiento de las estadísticas de seguridad para medir los tipos de accidentes	<ul style="list-style-type: none"> . Indicadores <ul style="list-style-type: none"> a. Estadísticas de Seguridad Índices. <ul style="list-style-type: none"> - Índice Frecuencia, - Índice de Severidad, - Índice de Accidentabilidad.

Fuente: Elaborado por el investigador

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

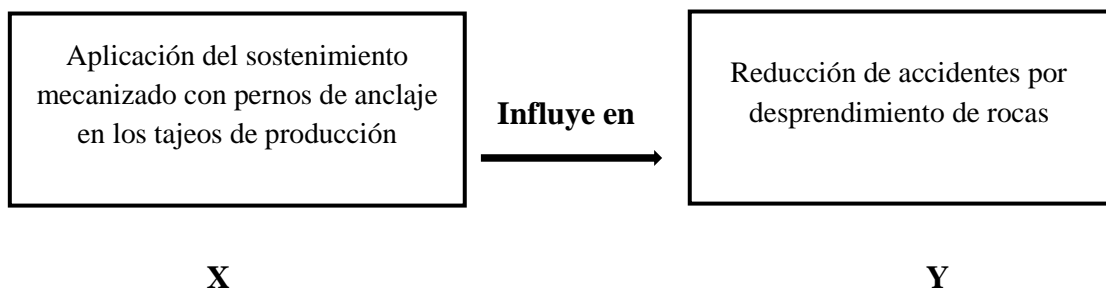
3.1 Tipo y nivel de investigación

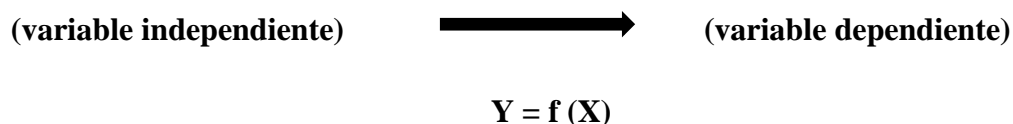
3.1.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación es tecnológica y aplicada a la minería subterránea con el fin de aplicar el sostenimiento de refuerzo mecanizado en tajeos de producción, para reducir accidentes por desprendimiento de rocas.

3.1.2 Nivel de investigación.

La investigación se ubica dentro del nivel de ingeniería correlacional que involucra a dos variables: una de ellas que influye en la otra





3.2 Método y Diseño de la investigación

3.2.1 Método de la investigación.

Para la cobertura de la investigación se trata de realizar un análisis estadístico enmarcado en el universo, población y/o muestra.

3.2.2 Diseño de la investigación.

Se tendrá cuidado de realizar la evaluación por el ingeniero de geomecánica “insitu” para la elección del tipo de sostenimiento a utilizar garantizando las condiciones operativas y de seguridad para el bienestar de los trabajadores y la consecuente reducción de accidentes.

3.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información

3.3.1 Técnicas.

Se inició con la toma de datos, la información preliminar y bibliográfica así como los datos muestrales, los cuales han de estar registrados en fichas específicas para cada tipo de información recabada.

Se revisó la información como: mapeo geomecánico de las labores, registros de caracterización y reportes geomecánicos de las labores materia de la presente investigación. Estos formaran el diagrama del trabajo posterior, así que fueron examinados con cuidado.

Se realizó las simulaciones de cada grupo de los datos muestrales obtenidos.

Las técnicas e instrumentos de recolección de datos están de acuerdo a los datos que se obtienen en cada una de las fases; así tendremos:

Cuadro 3 Datos de cada uno de las fases

TIPO DE DATO	TECNICA	INSTRUMENTO
Calidad de Roca	Análisis Geomecánico	Equipo de Carga Puntual
Tipo de sostenimiento	Análisis Geomecánico	Flexómetro /martillo de Schmidt/ Brujula
Estadística de seguridad	Manual e informática	Computadora

Fuente: Elaboración propia

3.3.2 Instrumentos.

Equipo de Carga Puntual.

Flexómetro/martillo de Schmidt/ Brujula/Colores.

Computadora.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Universo.

Con la información disponible de los análisis y las características litológicas del terreno efectuado; se ha procedido a clasificar y zonificar el macizo rocoso del área proyectado para la producción y avances para el año 2015 (Plan anual de Minado) en la EA. Cerro SAC., para los años siguientes, en las diferentes zonas:

Cuadro 4. Zonas por tipo de roca

TIPO DE ROCA	ZONA I (%)	ZONA II (%)	ZONA III (%)	ZONA IV (%)	ZONA VI
I	0	0	0	0	0
II	0	0	0	0	0
III	9	15	15	24	16
IV	82	58	70	56	68
V	9	27	15	20	16

* Cuentin activada en diciembre 2014

Fuente: E.A Cerro S.A.C.

Las operaciones subterráneas están consideradas como son los cuerpos:

Cuerpo CNA, Cuerpo J337A, Cuerpo J337B, Cuerpo K327A, Cuerpo k327B, Cuerpo colas CNB.

3.4.2 Población.

Se realizó en la zona III Nivel 1400, la población en estudio es Tajeo 14808 W del cuerpo CNA XN del Nivel 1400, Tajeo14274 W – del Cuerpo J337A, Piso 17 del Nivel 1400 y el Tajeo 14986 N. Piso 11, del Cuerpo CNA S, del Nivel 1400 con una cantidad de 120 split set en cada tajeo que serán instalados como sostenimiento para el proceso de explotación.

3.4.3 Muestra

Se desea saber de una población de 360 pernos Split set que serán instalados en los tajeos y se decide hacer una muestra de 12 pernos para determinar la aplicabilidad correcta en toda la población.

Se aplica el muestreo no aleatorio con punto de partida intensional y por conveniencia del tajeo 14808 del 1 al 3, del tajeo 14274 del 4 al 8 y en

el tajeo 14986 del 9 al 12, considerando que los avances en los tajeos no llegan al planificado de 25 metros inmediatamente.

Cuadro 5 Aplicación del sostenimiento en los tajeos

Lugar	N° Taladro	Roca Tipo	Diametro	Diametro	Longitud	Tensión	Factor de	Despla-	Sección	Observaciones
			Taladro (mm)	Perno (mm)	Anclaje pies	Máxima Tns.	Anclaje Tn/pie	Zamiento mm.	Ancho 4.00m Altura 4.00m	
TAJEO 14808	1	III A	37.98	39.21	6.66	6.80	1.02	10.00	4x4	aplicar sostenimiento como perno sistematico
TAJEO 14808	2	II y III A	37.98	38.94	6.66	7.25	1.09	8.00	4x4	aplicar sostenimiento como perno sistematico
TAJEO 14808	3	III A	37.98	39.04	6.36	6.80	1.07	15.23	4x4	aplicar sostenimiento como perno sistematico
TAJEO 14274	4	III A	37.98	38.83	6.46	6.60	1.02	9.09	4x4	aplicar sostenimiento como perno sistematico
TAJEO 14274	5	III A	37.98	39.18	6.57	6.75	1.03	9.08	4x4	aplicar sostenimiento como perno sistematico
TAJEO 14274	6	III A	37.98	38.99	6.69	4.75	0.71	9.55	4x4	Perno con Tension Maxima Tns menor al promedio normal perno fallado
TAJEO 14274	7	III A	37.98	40.01	6.68	6.55	0.98	10.75	4x4	aplicar sostenimiento como perno sistematico
TAJEO 14274	8	III A	37.98	39.24	6.66	7.25	1.09	11.92	4x4	aplicar sostenimiento como perno sistematico
TAJEO 14986	9	III A	37.98	39.28	6.36	6.80	1.07	14.84	4X6	aplicar sostenimiento como perno sistematico
TAJEO 14986	10	III A	37.98	38.96	6.46	6.60	1.02	10.24	4X6	aplicar sostenimiento como perno sistematico
TAJEO 14986	11	III A	37.98	39.07	6.57	6.65	1.01	7.57	4X6	aplicar sostenimiento como perno sistematico
TAJEO 14986	12	III A	37.98	39.56	6.69	6.35	0.95	8.56	4x4	aplicar sostenimiento como perno sistematico

Fuente: Propia del investigador

CAPÍTULO IV

ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA INVESTIGACIÓN

IV. GENERALIDADES

4.1 Descripción de los aspectos geológicos y los procesos operativos de la Unidad

Minera

4.1.1 Geología Regional

Rodríguez, R. Cueva, E. y Carlotto, V. (2011).- Geología del cuadrángulo de Cerro de Pasco 22-k

Las rocas sedimentarias en Cerro de Pasco corresponde a los calcáreos de edad Jurásica-Triásica, formando estructuras orientadas en dirección Norte-Sur. La actividad magmática se manifestó en la formación de rocas volcánicas y de intrusivos monzoníticos que afloran en la zona corresponden al Grupo Excelsior (Siluriano-Devónico), este grupo está compuesto por filitas grises,

cuarcitas de grano fino. Las rocas sedimentarias están plegadas y falladas, teniendo las estructuras una dirección dominante NNW-SSE.

4.1.1.1 Estratigrafía

Grupo Excelsior. (Silúrico a Devónico)

Laughlin Mc (1924). “Series de Excelsior”. Fue como denominó a las rocas más antiguas de la región. Se compone de filitas grises, cuarcitas de grano fino y lutitas carbonaceas. Contienen algunos niveles de laminación oblicua y presenta un metamorfismo de bajo grado, comúnmente con sericita y clorita. Estas rocas tienen dirección N, han sido fuertemente plegadas y conforman el núcleo de la estructura anticlinal fallada de Cerro de Pasco.

Grupo Mitu. (Pérmico Superior – Triásico Inferior) Boit, B. (1960). Está constituido por areniscas y conglomerados de color generalmente rojo, rojo púrpura, o morado cerca del pueblo de Mitu en la región de Goyllarizquisga, a unos 35 Km. Al NW de Cerro de Pasco, definidos como los primeros depósitos que yacen en discordancia sobre los bordes invertidos y erosionados del grupo Excelsior, correspondiendo al paleozoico inferior.

Grupo Pucará. (Triásico – Jurásico) Mc. Laughlin (1924). Los afloramientos de este grupo, se encuentran distribuidos en los andes centrales; regionalmente este grupo abarca aproximadamente el 59% de afloramientos la distribución de facies de la plataforma carbonatada Pucará en la región de Colquijirca – Cerro de Pasco, estuvo en buena parte controlada por la Falla Longitudinal Cerro de Pasco. Esta estructura se distinguen por tres formaciones llamadas Chambará, Aramachay y Condorsinga

Formación Chambará. (Triásico)

Formación Aramachay. (Triásico Superior a Jurásico Inferior)

Formación Condorsinga. (Jurásico Inferior a Medio)

Grupo Goyllarisquizga (Cretácico Inferior) Jenks, W. (1951). Compuesta de cuarcitas y areniscas cuarzosas blancas a grises, oxidados, de grano variable entre medio a grueso hasta micro-conglomerado con estratificación cruzada e intercalaciones de conglomerados, lutitas grises y rojizas y mantos de carbón. Lavas de composición basáltica se intercalan en la parte superior, en el lado norte del domo de Yauli, al NW de Cerro de Pasco.

El Grupo se divide en las formaciones:

- Formación Chimú.
- Formación Santa.
- Formación Carhuaz.
- Formación Farrat.

Formación Pocobamba (Cretácico Terminal a Terciario Inferior)

Angeles (1999). En la región central son conocidas también como Capas Rojas o Formación Casapalca.

La Formación Pocobamba se divide en 3 miembros siguientes:

a.- Miembro Cacuán: Está expuesto en la parte norte del Sinclinal de Cacuán, a 5 Km. al NW de Cerro de Pasco. En la parte inferior presenta argilitas limosas y limonitas rojas, laminadas; seguidas de areniscas rojas de grano fino y medio con presencia de conglomerados y areniscas inconsistentes, verde grisáceas, características de paleo cauces y conos aluviales.

Su espesor es de 300 m a 330 m. Su ambiente de sedimentación parece ser lacustre.

b.- Conglomerado Shuco: Calcáreo, aflora a lo largo de una faja orientada de sur a norte. En el lado este y cerca de las calizas Pucará, está compuesto de bloques angulares de caliza que alcanzan hasta 4 m de diámetro, dentro de una matriz formada por fragmentos calcáreos subangulares de diferentes tamaños. Hacia el oeste, está estratificado y el tamaño de los fragmentos decrece, apareciendo clastos de cuarcitas, chert y areniscas, para que finalmente; en las partes más alejadas pasen a calcarenitas y lutitas.

Tiene una potencia de 170 m que decrecen hacia el oeste.

c.- Miembro Calera: Reposa en concordancia con el Conglomerado Shuco. Jenks, W. (1951). En las cercanías de Colquijirca se observan 108 m de lutitas y areniscas blanquecinas con lutitas gris verdosas, que yacen en concordancia sobre el Mitu y 47 m de capas calcáreas gris claras intercaladas con arcillas, lutitas y margas gris verdosas. Las calizas alcanzan una potencia de 45 m, contienen delgadas capas de nódulos de chert marrón y se encuentran en 4 horizontes. Los 2 horizontes superiores separados por 7 m de lutitas calcáreas grises tienen fósiles que sugieren una fauna del Terciario Inferior.

4.1.1.2 Rocas ígneas

Cobinng, J. (1979). El magmatismo en la región, se manifiesta con estructuras volcánicas de composición calco alcalina que se encuentran relacionados a los depósitos minerales, estas estructuras, corresponden a un grupo más amplio en su distribución y han sido clasificados como STOCKS DE ALTO NIVEL se encuentran asociados a depósitos minerales.

Algunas características que presentan son las siguientes:

Son porfiríticas con fenocristales de plagioclasa hasta 12 cm de largo, ojelos

negros brillantes de biotita y cristales prismáticos de hornablenda. En Cerro de Pasco están alineados en direcciones norte sur y emplazadas a lo largo de fallas con la misma dirección.

Tectónica

En cerro de Pasco, resaltan los grandes alineamientos en dirección N-S y NW-SE, resaltando la falla longitudinal inversa de Cerro de Pasco, que parece ser contemporánea con el plegamiento

Pliegues

El distrito presenta pliegues paralelos con rumbo N – S cuyos planos axiales están inclinados al este y fueron originados por las Fases Peruana e Incaica.

Al este del Yacimiento se observan pliegues menores transversales al plegamiento regional, con planos axiales casi E - W y buzamiento al norte. Pertenecen a este grupo el Sinclinal de Matagente (cuyo eje tiene rumbo N 70 - 80° E y se inclina aproximadamente 15° al este) y otros pliegues paralelos; y el Domo de Patarcocha. Estos fueron formados después de los pliegues mayores y están afectados por las fallas sinestrales de rumbo NW - SE de la tectónica Miocena - pliocena.

Las estructuras mayores están constituidas por:

a.- El Sinclinal Cacúan-Yurajhuanca: Situado al oeste, está constituido por los sedimentos continentales de la Formación Casapalca.

b.- El Anticlinal de Cerro de Pasco-Marcapunta: Exhibe en su núcleo filitas del Grupo Excelsior en las partes norte y clásticas continentales del Grupo Mitu en el sur. La culminación máxima del núcleo, probablemente está ubicado a pocos centenares de metros al sur de la estructura volcánica, donde el Excelsior

tiene 3.5 Km. de ancho de afloramiento. El anticlinal ha sido cortado por un sistema de fallas paralelas pre-minerales de rumbo NW - SE y buzamiento hacia el SW, localizados al norte de la estructura volcánica.

c.- El Sinclinal Yanamate-Colquijirca: Situado al este, está constituido por las calizas del Pucará en la parte norte y sedimentos calcáreos de la Formación Casapalca en el sur.

4.1.1.3 Fallas y fracturas

A partir del análisis de conjuntos de fracturas Rogers, R. (1983), se han desarrollado 7 conjuntos de fracturas. Dichos conjuntos son:

1.- Fallas Longitudinales: Limitan la estructura positiva de Cerro de Pasco y son herencia de la Tectónica Herciniana. Al este la Falla Longitudinal N° 1) se caracteriza por ser una zona brechada y fracturada de 30 - 50 m de ancho y que a través del tiempo geológico, ha actuado en respuesta de la Fase Tectónica dominante, Jenks. (1951) también actuó como una falla regional inversa controlando la sedimentación terciaria que puede ser considerada como pre-mineral, prueba de ello sería el desplazamiento dextral del Cuerpo Cayac Noruega del resto de los sulfuros. Bowditch (1935) y Lacy (1949) han establecido la falla que corta al Cuerpo de Py - Si y al Cuerpo de Pb - Zn; por que junto a la pirita brechada y pirita “suave” (friable) de textura arenosa las fallas paralelas mapeadas (Falla Longitudinal N° 1 y Falla Longitudinal N° 2) pueden ser interpretadas como de cizalla Riedel en un sistema de movimiento dextral, por eso a escala del depósito, éstas aparecen como de deslizamiento de rumbo duplicadas Cheney, E. (1985)

2.- Fallas Oblicuas al plegamiento regional: A este conjunto pertenecen el sistema de Huislamachay - Yurajcancha (de rumbo NW -SE) y su conjugada Yurajhuanca (de rumbo NE - SW). El primer sistema ha desplazado al plegamiento regional y las fallas longitudinales. Es probable que la intersección de estos sistemas originará una zona de debilidad para la formación de la estructura volcánica.

3.- Fallas Circulares: El margen del respiradero circular (aproximadamente 2 Km de diámetro) está definido por el contacto entre el Aglomerado Rumiallana con las calizas Pucará, las filitas Excelsior y el Cuerpo de Py - Si. En muchas partes de la mina este contacto se halla fallado, observándose a veces una simple superficie vertical pulida o una zona de más de 1 m de ancho de superficies de cizallamiento.

4.- Fallas oblicuas al plegamiento regional que cortan a las rocas volcanoclásticas de la estructura volcánica: Este conjunto tiene un rumbo promedio E -W y NW y han sido rellenadas por las Monzonitas Cuarcíferas.

5.- Fracturas convergentes en profundidad y mineralizadas con pirit-enargita: Se hallan localizadas al este, sureste y extremo sur de la estructura volcánica Rogers, R. (1983), divide a estas fracturas y vetas en 3 grupos generales espacialmente separados en los niveles superiores de la mina. Tales grupos o dominios son:

Dominio I.- Localizado a lo largo del margen sur de la estructura volcánica y litológicamente está emplazado en el Grupo Excelsior y Aglomerado Rumiallana alterado. Las vetas (Cleopatra, San Anselmo, Bolognesi, Docena) tienen un rumbo promedio E - W con una ligera inflexión al NE y buzan 55° -

75° N. Estas fracturas curvas y paralelas, se habrían formado en respuesta al deslizamiento de colapso de la cámara magmática, como lo prueba la veta San Anselmo que está justo en el contacto Grupo Excelsior-Aglomerado Rumiallana alterado; contacto que es el margen sur de la estructura volcánica.

Dominio II.- Está entre el margen de la estructura volcánica y la Falla Longitudinal. Litológicamente comprende al Cuerpo de Py - Si. Las vetas (43, 37, 44, 56) en la parte central tienen un rumbo dominante N 60° W y E - W con buzamientos 55° - 70° N, las cuales varían de rumbo y se dividen al atravesar el contacto hasta unos 80 - 100 m; donde las partes terminales tienden a tomar la dirección este.

Dominio III.- Ubicado al norte, dentro de la estructura volcánica y emplazada en el Aglomerado Rumiallana y Pórfido Monzonítico Cuarzífero. Estas fracturas se han formado en conjunción con el emplazamiento de los diques encima de la cámara magmática. Están rellenas con mineralización de cobre y plata, conteniendo también concentraciones de oro asociado a Luzonita, especialmente en la parte sur (Dominio I), donde se encuentran hasta 6 g/TM.

Las vetas del centro (Dominio II) y del norte (Dominio III) convergen en una posición justo al norte del nuevo Pique Lourdes, en cambio las del sur (Dominio I) buzán al norte, pero no se observa aún su convergencia; esta disposición forma un patrón general en forma de "V", con buzamiento general de 80°

6.- Fallas oblicuas a los pliegues cruzados mineralizados con esfalerita - galena y oblicuas al contacto este del Cuerpo de Py - Si que cortan a los Cuerpos de Pb - Zn y que han sido mineralizados con pirita argentífera: Las primeras están situadas al este de la estructura volcánica, inmediatamente

después del Cuerpo de Py - Si. Se desarrollan dentro de las calizas Pucará y se extienden hasta por 700 m. Este conjunto está arreglado en 2 sistemas: El de San Alberto de rumbo N 35° E, buzamiento 60° SE, localizada en la parte NE y el sistema Matagente de rumbo N 50° - 60° W, buzamiento 70° - 85° SW, situado en la parte este.

Las segundas, en la parte oriental del Cuerpo de Pb - Zn se observan como zonas brechadas entre fracturas de rumbo N 20° - 30° W que han sido mineralizadas con pirita y minerales de plata.

7.- Fallas oblicuas al fallamiento longitudinal post mineral que han producido dislocaciones de los cuerpos mineralizados, de las vetas y los diques. o andino (Fase Peruana) Barragán, C (1979). en general la tectónica predominante de Cerro de Pasco es la Andina, que originó un fallamiento y plegamiento NW-SE. Megard, F. (1968-1978) por lo que los grandes fallamientos longitudinales de Cerro de Pasco han sido originados en la superposición de tres fases de compresión NE-SW. También se describe que dichas fases están separadas por períodos de calma tectónica o periodos de distensión. (Ver Anexo 10)

4.1.2 Geología local

El yacimiento de Cerro de Pasco está localizado en la parte central del Perú, al Noreste de la ciudad de Lima, en las estribaciones occidentales de la Cordillera Central de los Andes Peruanos a una altitud de 4330 metros sobre el nivel del mar. Los depósitos minerales se localizan en la zona Este y Sur de una chimenea volcánica Terciaria rellena por rocas piroclásticas e intrusivas. El cuello volcánico de sección transversal elíptica de diámetro promedio de 2.5 Km. y con

una orientación Norte–Sur, corta a una serie de rocas sedimentarias, que van en edad desde el Paleozoico Inferior, como es la formación Excélsior, hasta el terciario inferior y están descansando en un amplio anticlinal.

El aspecto morfológico actual del cuello volcánico y de los depósitos minerales, los cuales fueron intensamente erosionados en épocas pre-pleistocénicas, y luego elevadas dando la forma actual, es de una superficie ondulada típica de un proceso de semipeneplanización que se desarrolla hasta la actualidad.

La actividad tectónica posterior a la formación del cuerpo mineral produjo fracturamientos en el lado este, en las calizas Pucará, en la masa de sílica-pirita, y en los aglomerados del cuello volcánico.

Las fallas fueron un control de mineralización que sirvieron como los conductos de alimentación de las soluciones mineralizantes en el lado Este del cuello volcánico, donde la mineralización se desarrolla en las Calizas Pucará, y la mena metálica se encuentra diseminada, la caliza actúa como una buena caja, y recepciona toda la mineralización metálica.

De acuerdo a información de archivos la depositación de las menas metálicas se ha efectuado en un tiempo prolongado y en el orden siguiente:

- Minerales de Plomo Zinc
- Minerales de Cobre Plata
- Minerales de Plata.

4.1.2.1 Estratigrafía

a) **Filitas Excélsior (Silúrico-Devónico)** Bowditch, S. (1935), Son las rocas más antiguas de la zona y están compuestas de filitas, cuarcitas y lutitas

carbonosas. Constituyen el núcleo del anticlinal de Cerro de Pasco.

b) Grupo Mitu (Pérmico) Rivera, N. (1970). Yace discordante sobre el Excélsior y está constituido de areniscas, cuarcitas y conglomerados rojos. En los alrededores de Cerro de Pasco su potencia varía entre 50 y 80 m.

c) Calizas Pucará (Triásico-Jurásico) Jenks, W. (1951). En el flanco oriental las calizas del Grupo Pucará sobre yacen en clara discordancia angular al Grupo Mitu, con potencia de 2900 m. Están compuestas por:

- Capas de caliza de grano fino de color gris oscuro a negro y con venillas de calcita.
- Capas de caliza amarillenta de grano medio de composición dolomítica, con cristales de dolomita y siderita en venillas y como relleno de pequeñas cavidades.
- Interestratificaciones de horizontes bituminosos, lutíticos, fosilíferos y con nódulos de chert.
- Varios horizontes de tufos de composición dacítica.

En el flanco occidental, a 6 Km. al Oeste de Cerro de Pasco, el Pucará aflora formando el núcleo del anticlinal de Rancas, con una potencia de sólo algunas decenas de metros.

d) Formación Goyllarisquizga (Cretáceo Inferior) Wilson, J. (1963). Conformada por cuarcitas y areniscas cuarzosas con intercalaciones de lutitas bituminosas, derrames volcánicos y mantos de carbón.

e) Formación Pocobamba (Terciario Inferior) Angeles, C. (1999). Ha sido subdividida en 3 unidades litológicas: Miembro Inferior, Conglomerado Shuco y Miembro Calera. (Ver Anexo 11)

4.1.3 Geología económica

El yacimiento mineral de Cerro de Pasco cuenta con reservas y recursos alrededor de 120 MM de TM, con leyes promedios de 7.2 % Zn y 2.3 Pb. Baumgarther, R. (2007), situado al borde de un conducto volcánico, que corta principalmente al grupo Pucara, que está compuesto por calizas con niveles de nódulos de cherts, Jenks (1951), la geología encierra tres unidades estratigráficas diferentes: Grupo Excelsior compuesto por filitas, cuarcitas y lutitas carbonosas (Silúrico - Devónico), Grupo Pucará compuesto esencialmente por calizas (Triásico - Jurásico), rocas ígneas y volcanoclasticas “Aglomerado Rumiallana”, que se encuentran rellenando una estructura circular con diámetro promedio de 2.5 km, que corresponde a la diatrema de Cerro de Pasco, la mineralización se ha emplazado principalmente en el lado Este y Sur del extinguido volcán, entre los grupos Excelsior al S y Pucará al E. De acuerdo a su mineralogía, el yacimiento presenta los siguientes tipos de mineralización:

- Cuerpo de sílice - pirita* Vetas y cuerpos mineralizados de Pb – Zn.
- Vetas y cuerpos mineralizados de Cu* Cuerpos mineralizados de Ag.
- Cuerpos supérgenos de Cu* Y cuerpos oxidados argentíferos opacos.

El “Cuello Volcánico” de Cerro de Pasco, ubicado en la confluencia de los dominios estructurales N-S y N120°, exhibe una morfología circular que irrumpe sobre el basamento sedimentario a modo de cono invertido. Al SE, se ubican las grandes “masas sulfuradas polimetálicas” con Zn-Pb-Ag que reemplaza la secuencia carbonatada del Grupo Pucará, representando una primera fase de mineralización del tipo “baja sulfuración” , formando grandes “cuerpos” mineralizados y asociados a la formación del gran Cuerpo de

Pirita – Sílice emplazados lo largo del contacto, de aproximadamente 1800 m de longitud. Un magmatismo ácido (cuarzo – monzonita) seguido de una fase tardía de mineralización, se sobre impone a la primera fase conformando otros yacimientos de Cu-Ag en vetas, cuerpos y vetas de Pb-Zn, cuerpos de pirita fina (Ag-Bi) y yacimientos diseminados de Ag-Au. Esta segunda fase de mineralización es del tipo “alta sulfuración”.

Controles de Mineralización

Baumgarther, R. (2007). Se ha realizado por tipo de depósito:

Para los cuerpos de Pb-Zn. El contacto del Cuerpo de Py – Sí con las calizas del Grupo Pucará, es notoria la continuidad de los cuerpos mineralizados siguiendo la línea del contacto. El fallamiento Longitudinal, que permitió el ascenso de las soluciones mineralizantes que formaron los cuerpos de pirita-sílice y los cuerpos de Pb-Zn aprovechando los contactos fallados existentes. Los cuerpos tubulares (pipes) de pirrotita, Einaudi, M. (1977). Para la mineralización de Pb-Zn en caliza el control es la caliza dolomítica con venillas de siderita y dolomita donde se concentra la mayor mineralización, en vez de la caliza gris oscura a negra con venillas de calcita estéril.

Para las vetas de Cu-Ag dentro del cuello volcánico el control son las vetas de rumbo E-W convergentes en profundidad.

Para los cuerpos de Cu-Ag los controles son el Cuerpo de Pirita – Sílice y la intersección ó acercamiento de las vetas que configuran chimeneas mineralizadas que siguen la inclinación (plunge) de la intersección.

Para el cuerpo de Ag-Bi el control es el contacto entre los cuerpos de Pb-Zn y las calizas del Grupo Pucará. Esta mineralización, genéticamente, está relacionada a la mineralización de Cu- Ag que a la de Pb-Zn.

Para los cuerpos supérgenos de Cu el control fue la variación del nivel freático en el tiempo, que determinaron los diferentes niveles de deposición de la mineralización.

Mineralogía: La composición mineralógica por tipo de depósito es como sigue:

Cuerpos de Pb – Zn

Esfalerita	Galena	Marmatita
Pirita	Pirrotita	Marcasita
Magnetita	Argentita	Polibasita
Pirargirita	Hinsdalita	Tetraedrita
Tenantita	Covelita	Calcosita
Calcopirita	Gratonita	Jamesonita
Realgar	Oropimente	Arsenopirita
Revoredorita	Azufre	Siderita
Dolomita	Sílice	Vivianita
Bournonita	Emplectita	Bismutinita
Casiterita	Galenobismutinita	Aikinita

- Vetas y cuerpos de Cu – Ag

Enargita	Luzonita	Pirita
Cuarzo	Esfalerita	Galena
Marcasita	Tenantita	Tetraedrita

Calcopirita	Bornita	Calcosita
Covelita	Famatinita	Bismutinita
Wolframita	Minerales Au	Pirargirita Barita

- Cuerpos de Ag – Bi

Pirita	Calcedonia	Matildita
Aramayoita	Plata Nativa	Estefanita
Polianita	Argentita	Pirargirita
Hematita	Marcasita	Esfalerita
Realgar	Bismutinita	Tenantita Alunita

- Cuerpos Supérgenos de Cu

Calcosita	Covelita	Estromeyerita
-----------	----------	---------------

- Cuerpos Oxidados Argentíferos (Pacos)

Ag Nativa	Lipidocrosita	Gohetita
Plumbojarosita	Argentojarosita	Caolinita
Cerusita	Anglesita	Smithsonita
Calamina	Limonita	

4.1.4 Geología estructural

Cerro de Pasco está situado en una de las pocas áreas donde la formación Excélsior del Paleozoico Inferior (esquisto, filita, cuarcita), alcanza una altitud de aproximadamente 4,200 msnm.

Una chimenea de explosión atraviesa la formación Excélsior. Su sección horizontal es ligeramente ovalada, con dimensiones de 2.7 Km. (dirección N-S) por 2.3 Km. (dirección E-O). Dentro de la chimenea han sido distinguidas tres tipos de rocas:

a) **Aglomerado de Rumiallana:** una roca piroclástica; fragmentos de Excélsior y de pórfido cuarzo-monzonita (Neógeno), localmente bandeados.

b) **Fragmental de Lourdes:** fragmentos de Excélsior en una matriz de cuarzo monzonita.

c) **Pórfido de cuarzo-monzonita:** masas intrusivas y diques con inclusiones de rocas huésped; probablemente intrusiones múltiples, la mayor parte pre-mineral, pero unos cuantos diques (albitizados) post-mineral.

Posteriormente, las soluciones ascendieron principalmente a lo largo de los márgenes Este y Sur de la chimenea resultando en la formación de un gran macizo de pirita-sílice, y cuerpos de plomo-zinc y de plata-pirita.

El área ha estado sometida a diferentes esfuerzos compresivos, los que han actuado en diferentes épocas, desarrollando así un número de fallas longitudinales con orientación Norte-Sur, fallas locales con orientación Este-Oeste y plegamientos en forma de sinclinales y anticlinales que tiene extensión regional, estructuras que se han formado a lo largo de diferentes épocas geológicas. Destacan así: Fallas longitudinales, Fallas locales.

Plegamiento

La zona presenta pliegues paralelos que arrumban al Norte y cuyos planos axiales están inclinados al Este.

La intensidad del plegamiento regional se incrementa hacia el Este en la cercanía de la falla longitudinal.

a) Estructuras de domo regional, que es la más septentrional de los tres domos identificados en el Perú.

b) Anticlinal de Cerro de Pasco, anticlinal de doble hundimiento en el que

la elevación máxima de su núcleo estuvo ubicada probablemente al Sur del cuello volcánico.

c) Sinclinal Cachan-Yurajhuanca, situado al Oeste del anticlinal de Cerro de Pasco.

d) Sinclinal Yanamate-Colquijirca, situado al Este del anticlinal de Cerro de Pasco.

- **Fracturamiento**

Rivera, N. (1,970). En el distrito minero se han identificado 4 conjuntos de fracturas, siendo las más importantes las siguientes:

a) **Fallas Longitudinales**, Jenks, W. (1951), a este conjunto pertenecen las fallas longitudinales de Cerro de Pasco que son paralelas al plegamiento regional; con rumbo al Norte y buzamiento entre 60° y 65° al Este. Su desplazamiento es en sentido inverso y tiene un ancho de más de 100 m.

b) **Fallas Oblicuas al plegamiento regional**, a este conjunto pertenecen los sistemas de fracturas Huislamachay-Yurajcancha de rumbo N-O, y la falla Yurajhuanca de rumbo N-E. El primer conjunto desplazado al plegamiento regional y a las fallas longitudinales, siendo el desplazamiento del bloque Norte hacia el N-O. Son fallas pre-minerales.

c) **Fallas Transversales** al contacto Oeste del cuerpo de sílica-pirita, de rumbo E-O, convergentes en profundidad y que albergan a la mineralización de Cu.

d) **Fallas Oblicuas a los pliegues transversales**, de rumbo N-O, que han sido mineralizadas con esfalerita y galena. (Ver Anexo 12)

4.1.5 Mina y Planta Concentradora

4.1.5.1 Operación Mina Subterránea: La Empresa Administradora Cerro S.A.C., para la ejecución de sus operaciones mineras subterráneas y con los trabajos de la empresa especializada aplica el método de explotación, recuperación de cámaras y pilares consiste como su nombre lo indica en la explotación de cámaras separados por pilares de sostenimiento del techo. La recuperación de los pilares puede ser parcial o total, en este último caso, la recuperación va acompañada del hundimiento controlado del techo que puede realizarse junto con la explotación o al final de la vida del yacimiento, lógicamente el hundimiento del techo en este caso es totalmente controlado con sistema convencional (explotación convencional con cuadros de madera), con utilización de perforadoras manuales.

Para los (Avances Lineales) aplica el Sistema Mecanizado Trackless (minería sin rieles) con el Método Breasting y Sub Level Stopping consiste en preparar subniveles principales en los diversos pisos desde los cuales se realizan tajeos de 4 x 4 m. con una distancia de 25 m. y dejando pilares de 6 m; manteniéndose la plantilla para los pisos tanto inferiores como superiores; luego de realizarse la excavación de 4 x 4 m. En los diferentes pisos se procede a realizar la perforación del tajeo superior hacia el tajeo inferior con una altura de 12 m. de banco, luego de realizar la perforación se procede a la voladura en forma secuencial de tal manera que se mantenga el ciclo de perforación y voladura, el cual permite optimizar las operaciones mineras. Entre los equipos motorizados a combustión interna Diésel, tenemos: Equipos LHD scooptram, Jumbos electro hidráulicos, desatadores de rocas (Scaler), equipo emperador (Rockbolt),

equipos de lanzado de concreto (Shotcrete), mezcladores de concreto (Mixer), volquetes de 25 toneladas (25 m³), camionetas de doble tracción tipo Pick up y camioncitos de 5 toneladas para servicios varios.

Las operaciones subterráneas se ejecutan en los cuerpos: Cuerpo CNA, Cuerpo J337A, Cuerpo J337B, Cuerpo K327A, Cuerpo k327B.

Cuadro 6 Rendimiento de un volquete

Rendimiento de un volquete			
Datos del volquete:			
Capacidad del volquete:	25	m ³	
Factor de eficiencia:	85	%	
Distancia de transporte:	1	km	
Factor de esponjamiento:	1.10		
Velocidad del recorrido cargado:	20	km/h	
Velocidad del recorrido descargado:	25	km/h	
Tiempo de descarga del material:	1	min	
Tiempo de carga del material:	4	min	
Ciclo de trabajo $t_f + t_v$			
	$t_f =$ tiempo de descarga + tiempo de carga		
	$t_f = 5$ min		
	$t_v =$ tiempo de ida + tiempo de retorno		
	$t_v = 5.4$ min		
ciclo de trabajo (cm) $= t_f + t_v$	10.4	min	0.1733
Calculo del rendimiento			
$R = \frac{Q \cdot E \cdot 60}{Cm \cdot F}$	Siendo:	$Q =$ capacidad del volquete	
		$E =$ factor de eficiencia	
		$F =$ factor de esponjamiento del material	
$R =$	111.45	m ³ /h	Resp.
Numero de paladas para llenar el volquete			
$N = \frac{Q}{Qc \cdot Kc}$	Siendo:	$Q =$ capacidad del volquete	
		$Qc =$ capacidad del cucharón de el cargador frontal	
		$Kc =$ eficiencia del cucharón del cargador frontal	
		$Qc =$ 6 m ³	
		$Kc =$ 85 %	
Numero de paladas para llenar el volquete =	4.302	Resp.	
Calculo del numero de volquetes que requiere un cargador frontal			
$N = \frac{Y(Y+D+L)}{60 \cdot C \cdot E}$	Siendo:	$Y =$ m ³ movidos por hora una maquinaria	
		$T =$ Tiempo de viaje en minutos	
		$D =$ Tiempo de descarga del material en minutos	
		$L =$ tiempo de carga de material en minutos	
		$C =$ capacidad del volquete	
		$E =$ factor de eficiencia del volquete	
Cuantos m ³ se estan moviendo	150	m ³ /hrs	
$N =$	1.2235	Resp.	



Fuente: Cerro S.A.C.

4.1.5.2 Ciclo de minado subterráneo

Perforación:

En la E. A. Cerro S.A.C., para realizar los avances lineales, se emplea la perforación mecanizada con Jumbos Rocket Boomer 281, con una perforadora Cop 1838, con barra de 14 pies de longitud y diámetro de broca de 51 mm. Su utilización va depender de la calidad de roca. También se utiliza perforadoras manuales Jack Leg para los avances lineales.

Para realizar la explotación se utiliza el Método Breasting recuperacion de cámaras y pilares, el cual se puede utilizar equipo mecanizado o equipo convencional Jackleg.

También se cuenta con equipo de taladros largos, el cual su aplicación o utilización va depender de la calidad de roca.

Los trazos de las mallas de perforación están diseñados según la calidad de la roca (RMR). Para las labores de avance lineal se diseña una malla con arranque.

Voladura:

En la Empresa Administradora Cerro S.A.C., se emplean como material explosivo emulsión encartuchada y dinamita de 1-1/2" x 12" y 7/8" x 7", y como accesorios de voladura se utilizan mecha rápida, cordón detonante y detonador no eléctrico, su utilización es tanto en la explotación y labores de avance lineal.

Sistema de Limpieza y Extracción

La limpieza y carguío de mineral se realiza con equipos diésel Scoop de 4.2 y 6 yd³ de capacidad, el mineral es evacuado hacia las chimeneas de Ore Pass o zonas de carguío.

Luego el scoop diésel carga el mineral o desmonte a los volquetes de 25 ton.

Que son trasladados a la cancha de mineral de Planta Paragsha.

Sostenimiento

El sistema de sostenimiento estándar para las labores subterráneas de la Empresa Administradora Cerro S.A.C., se lleva a cabo mediante el uso de cuadros de madera, pernos Split Set de 7 pies, pernos Helicoidales, mallas Electro-soldadas, concreto lanzado (Shotcrete), cimbras metálicas.

La aplicación del método de sostenimiento, para las diferentes labores subterráneas es monitoreada y supervisada por los ingenieros del Departamento de Geomecánica, quienes diseñan y determinan el tipo de sostenimiento, en base a las evaluaciones del macizo rocoso.

4.1.6 Operación a Tajo Abierto

La operación minera a Tajo Abierto tiene las siguientes dimensiones:

El eje mayor de lado norte a sur tiene una longitud de 1,800 m y el eje menor de lado Este a Oeste tiene una longitud de 1,100 m con una profundidad de 330 m.

El actual Tajo Abierto tiene una estructura de rampas predefinida: las rampas principales de acarreo desde la mina subterránea y están ubicadas en la pared Oeste.

Los accesos hacia el fondo del Tajo Abierto también están ubicados en el lado Oeste, se tiene un acceso en el lado Norte-Oeste y otro en el lado Sur-Oeste.

En el año 2014 las operaciones del tajo Raúl Rojas fueron paralizadas.

4.1.7 Relleno Hidráulico

Se aplica el Relleno Hidráulico, que viene a ser el relave de la Planta Concentradora de Tratamiento Paragsha-San Expedito, el sistema de

clasificación en la Planta de Relleno Hidraulico está conformado por dos nidos de ciclones, el primero un nido de 3 ciclones D15B, los mismos que están ubicados en el nido N°2 (parte superior), con un ápex de 1 1/8 ó de 1 pulgada, los mismos que permiten parcialmente soportar la variación de caudal y densidades de pulpa de alimentación. El OF del nido N°2, pasa al nido de 7 ciclones D12 ubicados en el nido N° 1 (parte inferior), obteniéndose una segunda clasificación que permite incrementar volumen de gruesos en el UF. Para ser enviados por gravedad con una determinada densidad a interior mina, a través de tuberías de polietileno HDPE de 4".

Para conseguir una mejor resistencia del relleno hidráulico, se incluye cemento en proporciones de 10 a 1, la variación de la dosificación es determinada por el Área de Geomecánica. También se debe mencionar que el relleno hidráulico actúa como un refrigerante en las labores subterráneas, que permite hermetizar las zonas ya explotadas a fin de evitar la reacción exotérmica de la pirita, para obtener una adecuada resistencia se considera la factibilidad de optimizar el relleno con una proporción de 1/20 que significa 20 toneladas de relleno y una tonelada de cemento.

4.1.8 Planta Concentradora

La producción de mineral es procesada en su totalidad para la obtención final de concentrados de Plomo, Plata y Zinc fundamentalmente, en la Planta Concentradora Paragsha y Planta Concentradora San Expedito, con tratamiento en los circuitos de chancado, molienda, filtrado, el circuito de zinc en planta Paragsha y el circuito de plomo en planta San Expedito, con un tratamiento de 2500 tn/día y 900000 tn/año.

El mineral económico procesado es proveniente la mina subterránea e Islay. El mineral transportado en volquetes es depositado en la cancha de almacenamiento de mineral según los avisos de procedencia, el proceso aplicado es la flotación por espumas, obteniéndose un concentrado bulk – plata; el mineral económico a recuperar es la plata con contenido de plomo.

- Sección de Chancado, se evalúa la capacidad máxima de producción de finos alimento a molino.
- Sección de Molienda, evalúa la capacidad del molino 10-1/2' x 14' disponible como molino primario para la expansión y define el tonelaje a considerar en la expansión.
- Flotación de Plomo y Zinc evalúa la situación actual y proyectada con la adición de sus respectivas celdas de flotación y para la eliminación de agua se tiene espesadores y filtros y la disposición de relaves es en la Relavera Ocroyoc.

4.1.9 Servicios Auxiliares

Ventilación Principal

El sistema de ventilación de las labores subterráneas de la Empresa Administradora Cerro S.A.C., se desarrolla a través de las labores de acceso principal que conectan con la superficie, estas son conocidas como ventilación de primera línea, de estas labores se fuerza el ingreso de aire fresco con ventiladores eléctricos axiales para la distribución a las labores donde se requiera ventilar (segunda línea), a través de mangas de ventilación de diámetro adecuado.

Finalmente el aire sucio es extraído por las labores que en su mayoría son chimeneas de ventilación que están conectadas con la superficie, siendo

controlados por ventiladores principales de 80,000 CFM que inyectan aire fresco a los niveles inferiores de la mina y por las diferentes bocas minas que se encuentran en el sistema.

Los equipos encargados de evacuar el aire viciado de las voladuras, gases de los equipos diésel, polvo, aire caliente y húmedo son los Ventiladores Principales, que trabajan como extractores, en su mayoría se encuentran ubicados en superficie en las “cabezas” de las chimeneas de ventilación Raise Bore (RB) y Chimeneas Alimak (CHA).

Ventilación Auxiliar

Los agentes físicos y químicos generados por los trabajos de producción, desarrollo o preparación en los frentes ciegos serán extraídos mediante el uso de ventiladores auxiliares los cuales inyectarán aire a los frentes ciegos mediante el uso de mangas de ventilación que han sido estandarizadas en diámetros de 24” y 30”.

Los ventiladores auxiliares han sido estandarizados en dos tipos dependiendo si son labores de Recuperación de Mineral o si son labores de No Recuperación de Mineral, en el primer caso los ventiladores serán de mínimo 20,000CFM y en el segundo caso los ventiladores serán de mínimo 30,000CFM ambos con la presión suficiente para desarrollar una longitud de 250m, como mínimo cumpliendo con el requerimiento de 20 m/min de velocidad mínima según el D.S-024-2016-EM.

4.1.10 Seguridad, Medio Ambiente y Responsabilidad Social.

Volcan Compañía Minera S.A.A (2015). La E.A. CERRO S.A.C, tiene como principio realizar sus operaciones considerando la seguridad y salud de las

personas, preservando el medio ambiente y cuidando que las actividades tengan impactos positivos con las comunidades donde se desarrollan las operaciones.

Enfocando íntegramente el cumplimiento de las normas de Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente haciendo uso de las herramientas de gestión implementadas con el Cambio de Cultura Volcan, con la integración de Subcomités temáticos y subcomités de riesgo crítico, enfocando en un comportamiento seguro y para mejorar la Cultura Preventiva de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente considerando las estadísticas en el de la presente y lograr la reducción de accidentes, por lo que se implementó como soporte los cuatro pilares que son el IPERC Base, las condiciones (PODER), el conocimiento (SABER) y el comportamiento (QUERER), cabe señalar que mediante la capacitación (Anexo 4, 5 y Anexo 6) estipulado en el D.S. 024-2016-EM, entrenamiento y la sensibilización de parte de la supervisión, hará que los trabajadores de compañía y de las empresas contratistas mejoren su accionar evitando en todo momento el desarrollo de las conductas peligrosas, siendo importante lograr la mejora continua dentro de los trabajadores con el cumplimiento estricto de la Política SSOMAC, los estándares corporativos de los 12 riesgos críticos, Valores corporativos, PETS, ATS y del desarrollo de las auditorías comportamentales (ACS), política PARE, IPERC, Reglas de Oro, se lograrán los objetivos y metas planeadas.

4.1.11 Plan anual de seguridad salud ocupacional

Se considera la gestión SSOMAC, con las herramientas de gestión corporativa implementada por E.A. Cerro S.A.C., para la aplicación en las operaciones subterráneas, de beneficio, servicios conexas y comunidades.

Considerando el Cambio de cultura en la organización como parte de la mejora continua el Liderazgo Visible y Alto Compromiso de la Gerencia de Operaciones, las Superintendencias y Jefaturas garantizarán el cumplimiento de los objetivos y metas, basados en los resultados del control y reducción de accidentes con una buena planificación, organización, dirección y control, lo cual resalta en nuestra empresa por el trabajo en equipo.

De acuerdo a la Misión y Visión de la Empresa se plantea llegar a ser líderes mineros con excelencia mundial cumpliendo con lo siguiente.

Visión: Somos un grupo minero de origen peruano que persigue la maximización de valor a sus accionistas, a través de la excelencia operativa y de los más altos estándares de seguridad y manejo ambiental. Contribuyendo al desarrollo de sus personal y de su entorno.

Misión: Al 2021, ser una de las principales empresas mineras diversificadas en metales bases y preciosos, líder en crecimiento y excelencia operativa, actuado con responsabilidad social y con un equipo humano comprometido y altamente calificado.

4.1.12 De los Comites de Seguridad.

a. Comité Central de Seguridad, Salud y Medio Ambiente. Es el responsable de hacer cumplir La Política de Seguridad, Salud y Medio Ambiente de CERRO S.A.C., asimismo es el encargado de evaluar y aprobar las actividades del Programa de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente. Sus funciones estarán en concordancia a lo establecido en el artículo 63 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería aprobado con el D.S. 024-2016-EM.

b. Auditorías de seguridad, salud, medio ambiente

Una auditoría de seguridad propone a las empresas contratistas o área de la empresa a una evaluación crítico sistemático con el objeto de minimizar los riesgos.

Se cumplirá con el plan de auditorías internas. Luego de las auditorías en cada área se emitirá un informe, el cual deberá ser comunicado a las personas interesadas para la aplicación de acciones correctivas resultantes deberán seguir el proceso correspondiente y serán ingresados al sistema SSOMAC.

c. Auditorías Comportamentales

Las ACS se realizan en base a la observación del comportamiento del personal en el cumplimiento de los estándares de desempeño, con el objetivo de reforzar los comportamientos correctos, identificando y corrigiendo actitudes y comportamientos de riesgo.

d. Capacitación

Estará a cargo del área de Gestión Humana, quienes verificarán su cumplimiento y evaluación del plan general de capacitación, en coordinación con las Superintendencias y Jefaturas de las diferentes áreas.

La capacitación se realizará en las diferentes áreas que la empresa tiene destinado para este fin y cuando sea necesario se procederá a realizar entrenamiento en las mismas áreas de trabajo siempre bajo la supervisión y monitoreo del supervisor del área.

No se deberá asignar un trabajo o tarea a ningún trabajador que no haya recibido capacitación previa de acuerdo a lo establecido en la regulación vigente, el mismo que deberá realizarse dentro de las horas de trabajo algunos cursos

serán dictados por personas especialistas en la materia y externas a la organización.

e. Manejo defensivo

A los conductores y operadores se les difundirá y entregará el Reglamento Interno de Tránsito (RITRA) corporativo que cumple la función de Reglamento de Tránsito dentro y fuera de las operaciones siempre y cuando se realice trabajo para la empresa. El proceso de evaluación de nuevos conductores dentro de la operación está a cargo del área de Seguridad y Mantenimiento, quienes emiten autorizaciones para conducir vehículos y equipos para la empresa.

Todo trabajador está sujeto a la aplicación de sanciones y medidas correctivas si se incumple con los procedimientos internos de tránsito.

f. Preparación ante emergencias-contingencias

La E.A. Cerro S.A.C. tiene un Plan General de Emergencias - Contingencias y Capacidad de Respuesta ante Emergencias, que permitirá la aplicación correcta de los procedimientos de Manejo de Crisis de una manera estructurada, durante la emergencia - contingencia que se pueda presentar dentro de nuestras instalaciones como siguiendo los procedimientos que se dan para estos casos, de acuerdo a las normas Legales vigentes y a la experiencia que se ha tenido a la fecha. El Presidente del Comando de emergencia - contingencias es la única persona autorizada para comunicar y/o brindar información de la emergencia - contingencia, al exterior, es decir al: Ministerio de Energía y Minas, OSINERGMIN, medios de comunicación, empresa supervisora, comunidades aledañas, etc.

g. Equipos de protección personal. (EPP)

Todo el equipo de protección personal (EPP) será evaluado por personal de Seguridad y Salud Ocupacional antes de que su uso sea autorizado dentro de las instalaciones de la E.A. Cerro S.A.C. El EPP deberá cumplir las normas internacionales aplicables.

h. Salud Ocupacional.

Se realizará monitoreos en las áreas donde haya presencia de riesgos contaminantes y peligros para la salud, para adoptar las medidas correctivas necesarias en casos de encontrar concentraciones que excedan los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en la normatividad vigente.

El monitoreo de agentes físicos – químicos en interior mina, planta concentradora, planta de óxidos y talleres serán realizadas por el monitorista del área de SSO.

i. Primeros auxilios, asistencia médica y educación sanitaria.

En cumplimiento a lo dispuesto en el Art. 131 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional la E.A. Cerro S.A.C. cuenta con un Centro médico, con la infraestructura necesaria para la atención de primeros auxilios, y emergencias para la atención de los trabajadores incluido el personal de las empresas especializadas

j. Responsabilidad social

Enfoca sus acciones con repercusión positiva en las comunidades propiciar beneficios y crecimiento de los involucrados basando una cultura organizacional con diálogo y respeto a los compromisos asumidos y que están orientados en seis ejes.

1. Desarrollo y fortalecimiento de capacidades productivas sostenibles
2. Apoyo a la educación, nutrición y salud
3. Fomento del empleo local
4. Apoyo a la infraestructura básica vial y de servicios públicos
5. Apoyo institucional
6. Promoción de la cultura.

CAPITULO V. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1 Análisis de resultados

DESCRIBIR EL SOSTENIMIENTO MECANIZADO CON PERNOS DE ANCLAJE EN TAJEOS DE PRODUCCION DE LA E.A CERRO S.A.C

SOSTENIMIENTO MECANIZADO CON PERNOS DE ANCLAJE EN TAJEOS DE PRODUCCION CON ROCA TIPO III EN LA E.A CERRO S.A.C

VARIABLE	INDICADORES	INDICES
Sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción.	Resistencia de la matriz rocosa	Clasificación Geomecanica de Bieniawski RMR
	Tabla geomecánica	Clasificación Q-Barton y GSI
	Determinar soporte mediante anclajes	Aberturas Máximas
<p><u>Objetivo de la Investigación</u></p> <p>Emplear el sostenimiento oportuno reducirá los accidentes por desprendimiento de rocas utilizando sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción en la E.A Cerro SAC.</p>		

5.1.1 Elección del tipo de Sostenimiento en los tajeos de Producción en la E.A. Cerro S.A.C.

a. Determinar Soporte Mediante Anclajes: Terzaghi, K. (1943).

Propuso la primera clasificación para determinar la carga de roca o suelo sobre túneles. La concepción teórica de Terzaghi se basa en sus propios conceptos sobre arqueo de los suelos, y en donde define la carga vertical de roca como la masa de material propensa a caer desde el techo de no ser sostenida.

Dicha clasificación es utilizada todavía como base fundamental en el diseño del sostenimiento de obras subterráneas con buenos resultados, aunque probablemente en condiciones muy conservadoras, como lo mencionan Mahtab y Grasso.

Rose, D. (1982). modificó tomando en cuenta los valores del RQD (índice de calidad de la roca) Si una formación rocosa consiste en una secuencia horizontal, de estratos de arenisca o caliza y de lutita poco consolidada, la excavación del túnel va normalmente acompañada de una compresión gradual de la roca, produciendo un movimiento hacia abajo del techo. Debido a la relativamente baja resistencia contra el deslizamiento en el contacto entre las lutitas y la roca, puede reducir considerablemente la capacidad de la roca situada sobre el techo para actuar como puente. Por lo tanto, en tales formaciones rocosas; la presión de techo puede ser tan alta como en rocas muy fracturadas en bloques o fisuradas.

Wickham, G. Tiedemann, H. y Skinner, E. (1972). Conocido como Rock Structure Rating (RSR), la cual después de Terzaghi, corresponde a la primera clasificación detallada, basada en parámetros conocidos en función de una gran cantidad de obras subterráneas ejecutadas cuyas características tanto

geomecánicas como del soporte se conocen. Este concepto (clasificación de la estructura de la roca - RSR) desarrollado por Wickham, Tiedemann y Skinner, es actualmente aplicado exitosamente en forma práctica y empírica en la construcción de túneles y galerías y se basa en tres parámetros:

Parámetro A: Tipo de roca: considera la intensidad del plegamiento y de las discontinuidades, dependiendo su valor del RQD. Rango = 8 - 30.

Parámetro B: Relaciona el patrón de las diaclasas y su orientación respecto del eje y dirección de la excavación del túnel. Rango = 12 - 50

Parámetro C: Relaciona los parámetros anteriores con el flujo de agua y estado de las discontinuidades. Rango = 5-20.

Los mencionados autores encontraron una buena relación entre el factor RSR y la carga de roca sobre las costillas de acero en túneles, y mediante la aplicación de la fórmula empírica de Terzaghi, pudiéndose por tanto seleccionar el tipo de sostenimiento en base a costillas, hormigón proyectado y pernos de anclaje.

b. Índice Geológico de Resistencia (GSI)

Hoek E. y Brown E. (1988). La resistencia de un macizo rocoso fracturado depende de las propiedades de la roca intacta y bloques que se deslizan por esfuerzos, el Índice Geológico de Resistencia GSI propuesto por Hoek proporciona un sistema para estimar la disminución de resistencia del macizo en diferentes circunstancias geológicas con observaciones de campo basándose en la apariencia del macizo a nivel de estructura considerando la alteración que sufren las rocas, la unión que sufren las rocas, la unión que existe entre ellas que viene dada por las formas y aristas que presentan, así como de su cohesión y a nivel de la condición de la superficie tiene en cuenta si ésta está alterada, si ha

sufrido erosión o que tipo de textura presenta, y el tipo de recubrimiento existente. Los valores del GSI varían de 1 a 100. Los valores cercanos al 1 corresponden a las situaciones del macizo rocoso de menor calidad, es decir con la superficie muy erosionada, con arcilla blanda en las juntas, y con una estructura poco resistente debido a las formas redondas, y a la gran cantidad de fragmentación que sufre el macizo. Por el contrario, valores de GSI cercanos a 100, implican macizos de gran calidad, ya que significa una estructura marcada por una pequeña fragmentación en la que abundan las formas prismáticas y superficies rugosas sin erosión.

c. Caracterización Geomecánica en EA. Cerro S.A.C.

Para interpretar el comportamiento mecánico del macizo rocoso en los diferentes frentes de excavación se ha procedido a caracterizar el macizo rocoso, valiéndose para ello de dos herramientas científicas de uso universal:

La Clasificación Geomecánica de Bieniawski de 1989 (RMR) con el que se ha logrado zonificar los diferentes tipos de roca existentes en la mina de Cerro de Pasco, para cuyo efecto se realizan mapeos Geomecánicos de campo en cada uno de los frentes con el uso del siguiente formato:


Cuadro 7 Mapeo geomecánico

ZONA	III	FECHA	28/10/2014
LABOR	PA 14808 W	MAPEADO POR	Ing. Fredy Fernández M.
NIVEL	1400	GEOLOGIA	Frente de Caliza MF/R
PISO	7	PROGRESIVA	17 m
PROPIEDADES		DATOS DE CAMPO	VALORACION
1. Resistencia a la compresión uniaxial		52 Mpa	7
2. RQD		50%	6
3. Separación entre discontinuidades		0.003 a 0.15 m	7
4. Estado de discontinuidades:			
Longitud		< 1.0	6
Abertura		1.0 a 5.0 mm	1
Rugosidad		Lig. rugoso	3
Relleno		duro	4
Alteración		Lig. Alterada	6
5. Agua subterránea		Seco	15
6. Orientación de discontinuidades		Media	-2
RMR			53
CLASIFICACION GEOMECANICA		Roca Tipo	IIIB

Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

Con los datos obtenidos en los diferentes frentes de trabajo se procede a la calificación para obtener la valoración numérica del macizo aplicando la Clasificación Geomecánica de Bieniawski.

Cuadro 8 Clasificación geomecánica según Bieniawski

		CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski, 1989)					
PARAMETROS DE CLASIFICACION							
1 Resistencia de la roca intacta (Mpa)							
Ensayo de carga puntual	> 10	10-4	4-2	2-1			
Compresion simple	> 250	250-100	100-50	50-25	25-5	5-1	<1
Puntuacion	15	12	7	4	2	1	0
2 RQD (%)	100-90	90-75	75-50	50-25	<25		
Puntuacion	20	17	13	6	3		
3 Separacion de diaclasas	>2 m.	0.6-2m.	0.2-0.6m.	0.06-0.2m.	<0.06m.		
Puntuacion	20	15	10	8	5		
4 Estado de discontinuidades:							
Longitud	<1m.	1-3m.	3-10m.	10-20m.	>20m.		
Puntuacion	6	4	2	1	0		
Abertura	Nada	<0.1mm.	0.1-1.0mm.	1-5mm.	>5mm.		
Puntuacion	6	5	3	1	0		
Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente Rug.	Lisa o plana	Pulida		
Puntuacion	6	5	3	1	0		
Relleno	Ninguno	<5mm.(duro)	>5mm.(duro)	<5mm.(blando)	>5mm.(blando)		
Puntuacion	6	4	2	2	0		
Alteracion	Inalterada	Liger. Alterada	Moder. Alterada	Muy alterada	descompuesta		
Puntuacion	6	5	3	1	0		
5 Agua subterranea							
Flujo por C/10 m. de labor	Nulo	<10 Lts/min.	10-25 Lts/min.	25-125 Lts/min.	>125 Lts/min.		
Presion de agua/tension principal	0	0-0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
Estado general	Seco	Humedo	Mojado	Goteando	Fluyendo		
Puntuacion	15	10	7	4	0		
CORRECCION POR LA ORIENTACION DE DISCONTINUIDADES							
Direccion y buzamiento	Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable		
Puntuacion							
Tuneles y minas	0	-2	-5	-10	-12		
Cimentaciones	0	-2	-7	-15	-25		
Taludes	0	-2	-25	-50	-60		
CLASIFICACION							
Clase	I	II	III	IV	V		
Calidad	Muy buena	Buena	Media	Mala	Muy mala		
Puntuacion	100-81	80-61	60-41	40-21	<20		
CARACTERISTICAS GEOTECNICAS							
Tiempo de mantenimiento	10 años	6 meses	1 semana	10 horas	30 minutos		
Longitud	15 m.	8 m.	5 m.	2.5 m.	1 m.		
Cohesion	>4Kp/cm2	3-4Kp/cm2	2-3Kp/cm2	1-2Kp/cm2	<1Kp/cm2		
Angulo de rozamiento	>45°	35°-45°	25°-35°	15°-25°	<15°		
EFFECTO DE LA ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES							
Direccion perpendicular al eje del tunel		Direccion paralela al eje del tunel		Buzamiento			
Avance con buzamiento		Avance contra el buzamiento				0° - 20°	
45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°	45° - 90°	20° - 45°	Cualquier direccion	
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy favorable	Media	Muy desfavorable	

Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

De acuerdo al puntaje alcanzado se realiza la clasificación el macizo rocoso para este caso se aplica la tabla Geomecánica de la siguiente manera:

Cuadro 9 Clasificación del macizo rocoso según Bieniawski

CERRO EMPRESA ADMINISTRADORA CERRO S.A.C.		VOLCAN		CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSE SEGÚN BIENIAWSKI		ÁREA DE GEOMECÁNICA	
INDICE RMR	ROCA TIPO	COLOR					
81 a 100	I	[Barra azul]					
61 a 80	II	[Barra azul claro]					
51 a 60	III A	[Barra gris]					
41 a 50	III B	[Barra verde]					
31 a 40	IV A	[Barra amarilla]					
21 a 30	IV B	[Barra naranja]					
01 a 20	V	[Barra roja]					

Fuente: E.A Cerro S.A.C.

La clasificación nos permite elaborar el Plano Geomecánico del área o de zona de avance y/o explotación indicando los parámetros Geomecánicos.

Índice Q de Barton del Instituto Geotécnico de Noruega desarrollado en 1974 por Barton, Lien y Lunde, que constituye la selección de seis parámetros geotécnicos: calidad de roca (RQD), Sistemas de fisura (J_n), Rugosidad de fisuras (J_r), Estado de fisuras (J_a), Presencia de agua (J_w) y reducción de esfuerzos (SRF).

Cuadro 10 Índice Q de Barton

ITEM	CONCEPTO	DESCRIPCION	VALOR	
1	Calidad de roca	Muy mala	RQD	10
2	Sistemas de fisura	Una familia de diaclasas	J_n	2
3	Rugosidad de fisuras	Superficie de fricción plana	J_r	0.5
4	Estado de fisuras	Rellenos de consolidación baja, 5 mm de espesor	J_a	7
5	Presencia de agua	Infiltración a presión mediana con lavado de rellenos.	J_w	0.66
6	Reducción de esfuerzos	Zonas de debilidad aisladas, contienen arcillas > 50 m.	SRF	2.5

Fuente: Fuente: E.A Cerro S.A.C.

Con estos datos se aplica la ecuación de tres cocientes para obtener el valor final del índice Q:

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

Los datos se obtienen al aplicar en el mapeo Geomecánico de campo con la tabla de Barton

Cuadro 11 Parámetros de valoración del índice Q

PARÁMETROS DE VALORACIÓN DEL ÍNDICE Q (BARTON Y GRIMSTAD 1994)				
DESCRIPCIÓN	VALOR		NOTA S	
1. Índice de Calidad de la Roca	RQD (%)			
A. Muy mala	0 - 25		1) Cuando RQD es < 6 = 10 (incluyendo 0), se otorga un valor nominal de 10 para calcular Q. 2) Valores de RQD a intervalos de 5 son muy precisos: o sea 100, 95, 90, 85, 80, etc.	
B. Mala	25 - 50			
C. Regular	50 - 75			
D. Buena	75 - 90			
E. Excelente	90 - 100			
2. Número de familias de diaclasas	J _n			
A. Masivo, sin o con pocas diaclasas	0.5 - 1.0		1. Para cruces en túneles utilizar 3 x J _n . 2. Para portales usar 2 x J _n .	
B. Una familia de diaclasas	2			
C. Una familia de diaclasas + una aislada	3			
D. Dos familias de diaclasas	4			
E. Dos familias de diaclasas + una aislada	6			
F. Tres familias de diaclasas	9			
G. Tres familias de diaclasas + una aislada	12			
H. Cuatro o más familias de diaclasas	15			
I. Roca triturada, terrenal	20			
3. Número de rugosidad de las diaclasas	J _r			
a) contacto en las paredes			1. Se añade 1 si el espaciado medio del sistemas de diaclasas es mayor de 3 m. 2. J _r = 0.5 se puede usar para diaclasas planas y que tengan alineaciones con la condición de que estas estén orientadas para resistencia mínima.	
b) contacto en las paredes antes de un cizalleo de 10 cm.				
A. Diaclasas sin continuidad	4			
B. Rugosas e irregulares, onduladas	3			
C. Ondulación suave	2			
D. Raliz de falla o superficie de fricción ondulada	1.5			
E. Rugosas e irregulares pero planas	1.5			
F. Lisas y planas	1.0			
G. Raliz de falla o superficie de fricción, plana	0.5			
c) Sin contacto de roca después de un cizalleo				
H. Zona arenosa, de grava o de roca triturada de espesor suficiente para impedir el contacto de paredes	1.0 (nominal)			
J. Zona arenosa, de grava o de roca triturada de espesor suficiente para impedir el contacto de paredes	1.0 (nominal)			
4. Número de a iteración de diaclasas	J _a			Ángulo de fricción
a) Contacto en las paredes de la roca			1. Los valores del ángulo de fricción, se indican como guía aproximada de las propiedades mineralógicas de los productos de alteración, si están presentes.	
A. Relleno soldado, duro, inablandable, relleno impermeable	0.75			
B. Paredes malteradas, con recubrimiento de minerales inablandables, partículas arenosas, roca triturada sin arcilla	1.0			
C. Paredes ligeramente alteradas, con recubrimiento de minerales inablandables, partículas arenosas, roca triturada sin arcilla	2.0			
D. Recubrimientos limonosos o arenos arcillosos, pequeñas partículas de arcilla (inablandable)	3.0			
E. Recubrimientos ablandables o con arcillas de baja fricción o sea caolinita o mica, óxido, talco, yeso, grafito, etc., y pequeñas cantidades de arcillas expansivas (recubrimientos sin continuidad de 1 - 2 mm de espesor o menos)	4.0			
b) Contacto en las paredes antes de un cizalleo de 10 cm.				
F. Partículas arenosas, roca desintegrada sin arcilla	4.0			
G. Rellenos de minerales arcillosos muy consolidados e inablandables (continuos < 5 mm de espesor)	6.0			
H. Rellenos de minerales arcillosos de consolidación media o baja, ablandables (continuos < 5 mm de espesor)	8.0			
I. Rellenos de arcillas expansivas, montmorillonita (continuos < 5 mm de espesor) El valor J _a depende del porcentaje de partículas expansivas y del acceso del agua	8.0 - 12.0			
c) Sin contacto de las paredes de após del cizalleo				
J. Zonas de capa o arcilla desintegrada o	8.0			
K. triturada (véase G, H e I) para	8.0			
L. condiciones de arcilla	8.0 - 12.0			
M. Zonas de capa o arcilla limosa o arenosa, pequeñas fracciones de arcilla inablandable.	5.0			
N. Zonas o capas gruesas de arcilla (véase O, G, H, I) para las condiciones de arcilla	10.0			
O. G, H, I) para las condiciones de arcilla	13.0 - 20.0			
5. Factor de reducción por agua en las diaclasas	J _w			Presión Kg/cm ²
A. Excavación seca o poca infiltración, o sea < 5 lit/min localmente.	1.0			< 1.0
B. Infiltración o presión mediana con lavado ocasional de los rellenos	0.66		1.0 - 2.5	
C. Gran infiltración o presión alta en roca competente con diaclasas sin relleno	0.50		2.5 - 10.0	
D. Gran infiltración a presión alta, lavado importante de los rellenos.	0.33		2.5 - 10.1	
E. Infiltración o presión excepcionalmente alta con voladuras, disminuyendo con el tiempo	0.2 - 0.1		> 10	
F. Infiltración o presión excepcionalmente alta en todo momento	0.1 - 0.05		> 10	
6. Factor de reducción de tensiones	SRF			
a) Zona de debilidad que interceptan la excavación y que pueden ser la causa de el malot o se desestabilice cuando se construye el túnel			1. Redúzcanse estos valores SRF de 25 a 50% si las zonas de fractura solo influyen pero no cruzan la excavación 2. Para un campo vígen de tensiones fuertemente anisotrópicas (se mide: cuando 5 < σ = R1/R3 < σ = 10, redúscase Rc a 0.5Rc y Rt a 0.5 Rt. Cuando R1/R3 > 10, redúscase Rc a 0.6 Rc y Rt a 0.6 Rt, donde Rc = resistencia a la compresión uniaxial, Rt = tensión de tracción (carga puntual) y R1, R3 son las tensiones principales mayores y menores.	
A. Múltiples zonas de debilidad que contengan arcilla o roca químicamente desintegrada, roca circundante muy suelta (cualquier profundidad)	10.0			
B. Zonas de debilidad aisladas que contengan arcilla o roca químicamente desintegrada, (profundidad de excavación < 50 m.)	5.0			
C. Zonas de debilidad aisladas que contengan arcillas o roca químicamente desintegrada (profundidad de excavación > 50 m.)	2.5			
D. Múltiples zona de fractura en roca competente sin arcilla, roca circundante suelta, cualquier profundidad	7.5			
E. Zonas de fracturas aisladas en roca competente sin arcilla, profundidad de excavación < 50 m.	5.0			
F. Zonas de fracturas aisladas en roca competente sin arcilla, profundidad de excavación > 50 m	2.5			
G. Diaclasas abiertas sueltas, diaclasado intenso a cualquier profundidad.				
b) Rocas competentes, problemas de tensiones.				
H. Tensiones Bajas , cerca de la superficie	Rc/R1 > 200 > 13 > 13			SRF 2.5
J. Tensiones de nivel medio.	200 a 10 13 a 0.66 10 a 5 0.66 a 0.33		1 0.5 a 2	
K. Elevado nivel de tensiones, estructura muy cerrada generalmente favorable para la estabilidad, puede ser desfavorable para la estabilidad de las paredes.	5 a 3 0.5 a 0.05 3 a 2 0.05 a 1 < 2 > 1		5 a 50 50 a 200 200 a 400	
L. Planchoneo moderado después de una hora en roca masiva.			5 a 50	
M. Planchoneo y explosión de roca en pocos minutos en roca masiva.			50 a 200	
N. Intensa explosión de roca e inmediata deformación dinámica en roca masiva.			200 a 400	
c) Roca fluyente, flujo plástico de roca incompetente, bajo la influencia de presiones altas de la roca.			5 a 10	
O. Presiones compresivas moderadas.			10 a 20	
P. Presiones compresivas altas.			5 a 10	
d) Roca expansiva, acción química expansiva dependiendo de la presencia de agua.			5 a 10	
Q. Presiones expansivas moderadas.			10 a 20	
R. Presiones expansivas altas.			5 a 10	

Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

El índice Q de Barton permite calcular las aberturas máximas que se pueden excavar de acuerdo a la calidad del macizo rocoso, con la finalidad de evitar posibles derrumbes por sobredimensionamiento de las excavaciones, este parámetro sirve para el diseño de las labores incluido el método de explotación a aplicar en el cuerpo o manto mineralizado:

Cuadro 12 Cálculo de aberturas máximas en E.A. Cerro S.A.C, área geomecánica

CALCULO DE ABERTURAS MAXIMAS				
				10/10/2014
PARA TJ 14808 W del cuerpo CNA XN del Nivel 1400				
ITEM	CONCEPTO	DESCRIPCION	VALOR	
1	Calidad de Roca	Buena	RQD	85
2	Sistema de fisura	Una familia de diaclasas + un aislada	Jn	3
3	Rugosidad de fisuras	Rugosas o irregulares, onduladas	Jr	3
4	Estado de fisuras	Pardes unalteradas sin minerales inablandables	Ja	2
5	Presencia de agua	Excavación seca	Jw	1
6	Reducción de esfuerzos	Zonas de debilidad aisladas, contienen arcillas	SRF	2.5
$Q = (RQD/Jn) \times (Jr/Ja) \times (Jw/SRF)$				
Q = 17.0000				
Valores de ESR (Barton y Grimstad, 1994)				
TIPOS DE EXCAVACION				SRF
A	Excavaciones mineras provisionales			2.0 - 5.0
B	Excavaciones mineras permanentes, túneles de conducción de agua para hidroeléctricas (excepto camaras de alta presión), túneles piloto, cámaras subterráneas grandes.			1.6 - 2.0
C	Cámaras de almacenamiento, plantas subterráneas para agua, túneles carretero y ferrocarriles pequeños, cámara de alta presión y tuneles auxiliares			1.2 - 1.3
D	Casa de maquinas, túneles carreteros y ferrocarriles grandes, refugios de defenza civil, portales y cruces de túnel			0.9 - 1.1
E	Estaciones Nucleares Subterráneas, Estaciones de ferrocarril, instalaciones deportivas y de reuniones, fabricas subterráneas.			0.5 - 0.8
Para labores de explotación: ESR = 3.00				
Luego de la formula que relaciona dimensión equivalente (De) con indice de calidad (Q) se obtiene que:				
Máxima abertura (Ma) = 2*ESR*Q(EXP0.4)				
Luego				
Ma = 18.6351				
Dimensión equivalente(De) = Ma/ESR				
De = 6.212 m.				
CALCULO DE RMR EN FUNCION DE Q:				
Para trabajos en mineria :				
RMR = 10.5 lnQ + 41.8				
Datos:				
Q = 17.000				
lnQ = 2.833				
RMR = 71.549				
RMR = 72				

Fuente: E.A Cerro S.A.C.

5.1.2 Parámetros para la elaboración de la cartilla Geomecánica GSI

(Estructura Vs Condición Superficial)

Para esta condición se determina, tanto la cantidad de fallas en determinada longitud, como las fracturas por metro lineal, con lo cual obtenemos la siguiente clasificación:

- Levemente fracturada. Tres a menos sistemas de discontinuidades muy espaciadas entre sí.
(RQD 75 - 90)
(2 a 6 fracturas por metro)
(RQD = $115 - 3.3 J_n$)
- Moderadamente fracturada. Muy bien trabada, no disturbada, bloques cúbicos formados por tres sistemas de discontinuidades ortogonales.
(RQD 50 - 75)
(6 a 12 fracturas por metro)
(RQD = $115 - 3.3 J_n$)
- Muy fracturada. Moderadamente trabada, parcialmente disturbada, bloques angulosos formados por cuatro o más sistemas de discontinuidades.
(RQD 25 - 50)
(12 a 20 fracturas por metro)
(RQD = $115 - 3.3 J_n$)
- Intensamente fracturada. Plegamiento y fallamiento, con muchas discontinuidades interceptadas, formando bloques angulosos o irregulares.
(RQD 0 - 25)
(más de 20 fracturas por metro)

(RQD = 115 - 3.3 Jn.)

- Triturada o Brechada. Ligeramente trabada, masa rocosa extremadamente rota, con una mezcla de fragmentos fácilmente disgregables, angulosos y redondeados.

(Sin RQD)

La condición de resistencia está dado por:

- Grado de alteración de la roca, alteración y relleno de las discontinuidades, rugosidad y ondulación de las discontinuidades, y su abertura; para determinarla se realizan ensayos en laboratorios, en el sitio o pruebas de su comportamiento con una picota de geólogo, obteniéndose la siguiente clasificación:

- Muy buena (Muy resistente, fresca).

Superficie de las discontinuidades muy rugosas e inalteradas, cerradas.

(Rc > 250 MPa)

(Se astilla con golpes de picota)

- Buena (Resistente, levemente alterada).

Discontinuidades rugosas, levemente alteradas, manchas de oxidación, ligeramente abierta.

(Rc 100 a 250 MPa)

(Se rompe con varios golpes de picota)

- Regular (Moderadamente resistente, leve a moderadamente alterada).

Discontinuidades lisas, moderadamente alteradas, ligeramente abiertas.

(Rc 50 a 100 MPa)

(Se rompe con uno o dos golpes de picota)

- Pobre (Blanda, muy alterada).

Superficie pulida o con estriaciones, muy alterada, relleno compacto o con fragmentos de roca.

(Rc 25 a 50 MPa)

(Se indenta superficialmente con un golpe de picota)

- Muy pobre (Muy blanda, extremadamente alterada).

Superficie pulida y estriada, muy abierta, con relleno de arcillas blandas.

(Rc < 25 MPa)

(Se disgrega o indenta mas de 5.0 mm. con un golpe de picota)

La condición hidrogeológica está controlada por:

- Tipo de roca, grado de permeabilidad (primario o secundario), controles litológicos y estructurales.

Cantidad y presión del agua subterránea.

Condiciones climatológicas superficiales, área de infiltración.

Características del agua subterránea, especialmente su PH (grado de acidez).

Se clasifican en:

Secas. Húmedas o goteos.

Flujos sin presión . Flujo a presión.

Las condiciones de alterabilidad de los macizos rocosos y la presencia de aguas subterráneas ácidas originan un rápido deterioro de la resistencia a la compresión, lo cual debe tenerse en cuenta en la clasificación Geomecánica determinada, con el objetivo de prever su comportamiento durante la excavación y durante el tiempo que permanezca en uso en la Mina Cerro de Pasco, este criterio se aplica a los volcánicos Rumíallana.


Un caso que merece un estudio detallado es la formación de costras (estalactitas y estalagmitas) de sulfato de cobre, cubriendo los cuerpos de pirita, los cuales al alterarse originan su caída especialmente en los techos, representando un riesgo potencial, en algunas áreas esta acumulación ha llegado a originar por empuje el colapso de cuadros de madera, sin embargo, las condiciones geomecánicas de la pirita en sí, no requieren de soporte, ya que su clasificación varía entre F/B y MF/B. La investigación a realizarse comprendería:

- Procesos de formación.
- Condiciones de velocidad de generación.
- Medidas de control.


Cartilla Geomecánica.

Se muestra la aplicabilidad en los siguientes gráficos.

Cuadro 13 Cartilla geomecánica de 11 a 20 fracturas por metro lineal



Cartilla Geomecánica



ÁREA DE GEOMECÁNICA

MINA CERRO DE PASCO SOSTENIMIENTO MECANIZADO


Altura de la Lector: 4.50m
Altura de la cámara: 4.50m

I	Sin sostenimiento, pero controlado				
II	Perno industrial abastecido espaciado a 1,20m Perno Split sin abastecido espaciado a 1,20m				
III A	Malla + perno industrial abastecido a 1,00m				
III B	Malla + perno Split sin abastecido a 1,20m				
IV A	Armadura 4" CP + perno industrial abastecido a 1,00m Armadura 2" CP + perno Split sin abastecido a 1,20m				
IV B	Armadura 4" CP + perno industrial abastecido a 1,00m Armadura 2" CP + perno Split sin abastecido a 1,20m				
V	Cuadro de madera de 12 x 10 respaldado a 0,50m Cemento de 100 kg de cada cuadro espaciado a 1,00m				

ESTRUCTURA	CONDICIÓN SUPERFICIAL	REGULAR (FACILITADA, LEVANTADA, ALTERNADA)	MUY REGULAR (FACILITADA, LEVANTADA, ALTERNADA)	POSIBLE (MUCHO, RESISTENTE, MUCHO, ALTERNADA)	MUY POSIBLE (MUCHO, RESISTENTE, MUCHO, ALTERNADA)
FRACTURADA EN BLOQUES (FB) BLOQUE FÍSICO, BLOQUES GRANDES TRABAJADOS Y LIMITADOS POR UNO O DOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES CON PLANOS BIEN DEFINIDOS (1 A 5 FRACT./METRO LINEAL)		FB/B	FBR	FB/P	FB/MB
FRAGMENTACIÓN MODERADA (FM) MUY BIEN TRABAJADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR CUADRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES (6 A 10 FRACT./METRO LINEAL)		MFB	MFR	MFP	FM/MP
MUY FRAGMENTADA (MF) PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUADRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (11 A 20 FRACT./METRO LINEAL)		MFB	MFR	MFP	MF/MP
INTENSAMENTE FRAGMENTADA (IF) CON FLEGAMIENTO Y FALLAMIENTOS, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES, TROCENOS ANGULOSOS E IRREGULARES (MAS DE 20 FRACT./METRO LINEAL)		IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP
TRITURADA O BRECHADA (T) MASA ROCOSA EXTREMAMENTE FRAGMENTADA, MEZCLA DE PARTICULAS FINAS Y FRAGMENTOS DISCREPANTES, MATRIZ PLASTIFICADA DE ESTRUCTURA, MUCHOS FRAGMENTOS Y ONDAS EN FALLAS (CON 400)		T/B	TR	T/P	T/MP


DE 11 a 20 FRACTURA POR METRO LINEAL

Identificando la estructura de la roca



Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

Cuadro 14 Cartilla Geomecánica identificando la condición superficial de la roca



CERRO
EMPRESA ADMINISTRADORA
CERRO S.A.C.

Cartilla Geomecánica

ÁREA DE GEOMECÁNICA


Identificando la condición superficial de la roca

ESTRUCTURA	CONDICIÓN SUPERFICIAL			
	REGULAR (RESISTENTE, LIVIANAMENTE ALTERNADA)	REGULAR (RESISTENTE, LIVIANAMENTE ALTERNADA)	REGULAR (RESISTENTE, LIVIANAMENTE ALTERNADA)	REGULAR (RESISTENTE, LIVIANAMENTE ALTERNADA)
FRACTURADA EN BLOQUES (FB) ROCA FRESCA. BLOQUES GRANDES TRABADOS Y LIMITADOS POR UNO A DOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES CON PLANOS BIEN DEFINIDOS (RCP: 75-95) (1 A 3 FRACT./METRO LINEAL)	FB/B	FB/R	FB/P	FB/MB
FRAGMENTADO MODERADO (FM) MUY BIEN TRABADA, NO ESTURBADA, BLOQUES CURVOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES (RCP: 50-75) (4 A 10 FRACT./METRO LINEAL)	MF/B	MF/R	F/P	FB/MP
MUY FRACTURADA (MF) MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE ESTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (RCP: 25-50) (11 A 20 FRACT./METRO LINEAL)	MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
INTENSAMENTE FRACTURADA (IF) CON PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTOS, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO PROCESOS ANGULARES E IRREGULARES (RCP: 0-25) (MAS DE 20 FRACT./METRO LINEAL)	IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP
TRITURADA O BRECHADA (T) MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE FRAGMENTADA, MEZCLA DE PARTICULAS FINAS Y FRAGMENTOS DISCREGABLES, MATRIZ PLASTIFICADA DE ESTRUCTURA FLUIDAL, PANZOS Y OJOS EN FALLAS (Sin RCP)	T/B	T/R	T/P	T/MP

SE ROMPE CON UN GOLPE DE PICOTA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA ROCA
RC=25-0 MPa

Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

Cuadro 15 Cartilla geomecánica de 11 a 20 fracturas por metro lineal



CERRO
EMPRESA ADMINISTRADORA
CERRO S.A.C.

Cartilla Geomecánica

ÁREA DE GEOMECÁNICA

DE 11 a 20 FRACTURAS POR METRO LINEAL

ESTRUCTURA	CONDICIÓN SUPERFICIAL			
	REGULAR (RESISTENTE, LIVIANAMENTE ALTERNADA)	REGULAR (RESISTENTE, LIVIANAMENTE ALTERNADA)	REGULAR (RESISTENTE, LIVIANAMENTE ALTERNADA)	REGULAR (RESISTENTE, LIVIANAMENTE ALTERNADA)
FRACTURADA EN BLOQUES (FB) ROCA FRESCA. BLOQUES GRANDES TRABADOS Y LIMITADOS POR UNO A DOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES CON PLANOS BIEN DEFINIDOS (RCP: 75-95) (1 A 3 FRACT./METRO LINEAL)	FB/B	FB/R	FB/P	FB/MB
FRAGMENTADO MODERADO (FM) MUY BIEN TRABADA, NO ESTURBADA, BLOQUES CURVOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES (RCP: 50-75) (4 A 10 FRACT./METRO LINEAL)	MF/B	MF/R	F/P	FB/MP
MUY FRACTURADA (MF) MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE ESTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (RCP: 25-50) (11 A 20 FRACT./METRO LINEAL)	MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
INTENSAMENTE FRACTURADA (IF) CON PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTOS, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO PROCESOS ANGULARES E IRREGULARES (RCP: 0-25) (MAS DE 20 FRACT./METRO LINEAL)	IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP
TRITURADA O BRECHADA (T) MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE FRAGMENTADA, MEZCLA DE PARTICULAS FINAS Y FRAGMENTOS DISCREGABLES, MATRIZ PLASTIFICADA DE ESTRUCTURA FLUIDAL, PANZOS Y OJOS EN FALLAS (Sin RCP)	T/B	T/R	T/P	T/MP

SE ROMPE CON UN GOLPE DE PICOTA
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LA ROCA
RC=25-50 MPa

- MF/P -> MUY FRACTURADA / POBRE

Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

5.2 Selección del tipo de sostenimiento

5.2.1 Diseño y Aplicación de Sostenimiento

Según el estimado de avances para los tajeos de producción con distancia de 25 metros con sección de 4 x 4 m, considerando la clasificación geomecánica, la toma de datos en campo con el uso de los softwares geomecánicos de simulación se toma en cuenta el tipo de sostenimiento con pernos de reforzamiento temporal split set para la aplicación en los tajeos de producción con roca tipo IIIA, con RMR. 51 – 60, Clasificación de roca según Natm, roca moderadamente inestable a sección completa de 4 x 4m, con una longitud de avance de 8 a 10 pies, tiempo de autoporte de 1 día con sostenimiento de Split set sistemático en pared y bóveda – techo, tiempo de colocación después de un avance hasta el tope del frente de avance, por lo que se propone aplicar la tabla siguiente de sostenimiento en labores de producción ver el cuadro siguiente:

Tabla 6 Aplicación de sostenimiento en labores de producción área geomecánica

VOLCAN		MINA CERRO DE PASCO							
E. A. CERRO S. A. C.		CONDICIONES DE EXCAVACION Y SOPORTE EN BASE A LOS TIPOS DE ROCA SEGUN RMR, INDICE GSI Y EL NATM							
E. A. CERRO S. A. C.		Departamento de Planeamiento - Área de Geomecánica							
E. A. CERRO S. A. C.		LABORES DE PRODUCCION							
TIPO DE ROCA RMR BIENIAWSKI 1986 (PUNTAJACIONES)	CLASIFICACION DE ROCA SEGUN NATM	EXCAVACION			SOSTENIMIENTO				
		SECCION DE DISPARO	LONGITUD DE AVANCE	TIEMPO DE AUTOSOORTE	PERNOS SPLIT SET	HORMIGON PROYECTADO SHOTCRETE	MALLA CUADROS CIMBRAS	TIEMPO DE COLOCACION	
> 81 (I)	A	ROCA MUY ESTABLE	A sección completa	4.5 m (15 pies)	5 días	B: Perno Ocasional P: Perno Ocasional	-	-	Después de 4 avances
61 - 80 (II)	B	ROCA ESTABLE	A sección completa	3.6 m (12 pies)	3 días	B: Perno Sistemático P: Perno Sistemático	-	-	Después de 2 avances
51 - 80 (III A)	C	ROCA MODERADAMENTE INESTABLE	A sección completa	2.4 a 3 m (8 a 10 pies)	1 día	B y P: Perno Sistemático	-	B y P: Malla	Después de 1 avance
41 - 50 (III B)	C	ROCA INESTABLE	A sección completa	2.4 a 3 m (8 a 10 pies)	1 día	B y P: Perno Sistemático			
31 - 40 (IV A)	D	ROCA MUY INESTABLE CON PRESIONES MODERADAS	A Tres cuartos de Sección	1.5 a 1.8 m (5 a 6 pies)	0.5 días (12 horas)	B y P: Perno Sistemático	Shotcrete de 2" con fibra		Después de 1 avance
21 - 30 (>IV B)	D	ROCA MUY INESTABLE CON PRESIONES FUERTES	A Tres cuartos de Sección	1.5 a 1.8 m (5 a 6 pies)	0.5 días (12 horas)	B y P: Perno Sistemático		Cuadros a 5 pies	Después de 1 avance
PUNTOS SINGULARES < 21 (V)	E	ROCA MUY INESTABLE CON ALTAS PRESIONES Y DEFORMACIONES	A media sección en altura	0.9 m (3 pies)	0.25 días (6 horas)	-	-	Cuadros a 3 pies	Después de 1 avance
B: Bóveda - Techo		P: Pared		L: Longitud de Perno (7 Pies)		2014		E. Lopez	

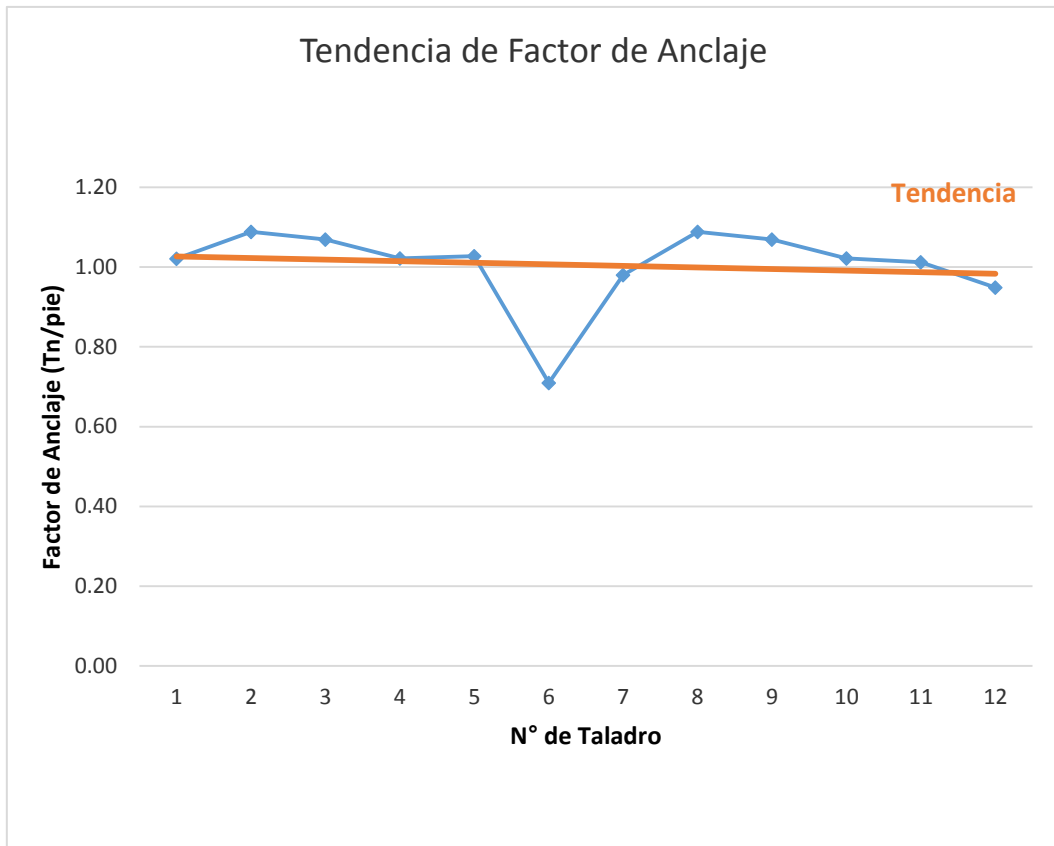
E.A. Cerro S.A.C.

5.3 Análisis de Tendencias

5.3.1 Muestreo No Aleatorio.

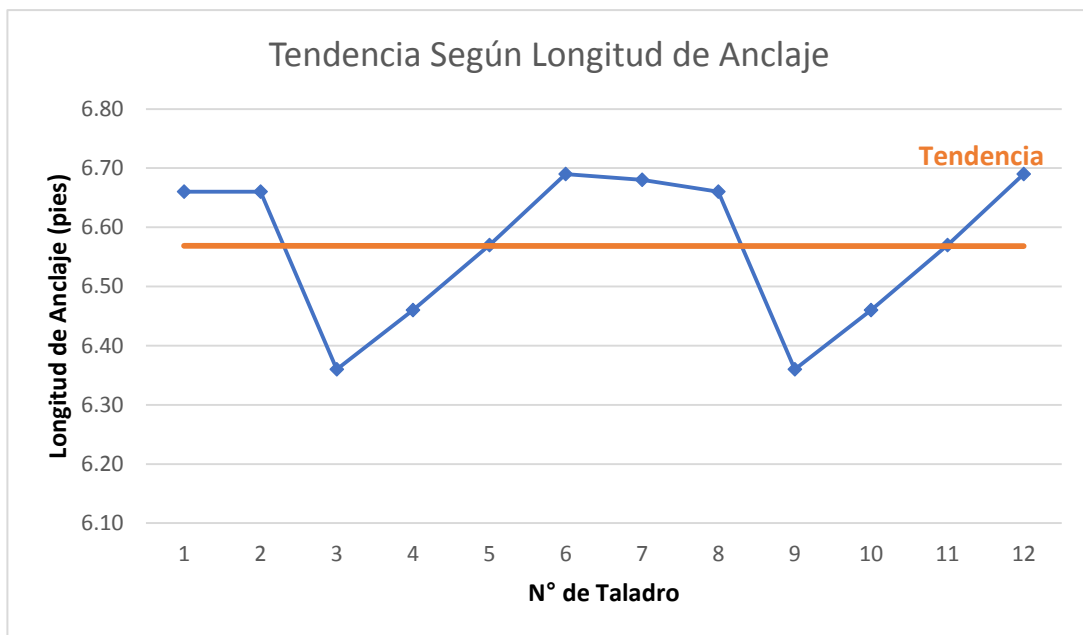
Se realizó según conveniencia, seleccionando a los 3 primeros taladros del Tajeo 14808 a continuación se seleccionaron del 4 al 8 taladros del tajeo 14274 y del 9 al 12 del tajeo 14986, para obtener los resultados en campo de los taladros e instalación de pernos Split set donde se obtuvo gráficos de tendencias en factor de anclaje, longitud de anclaje y tensión máxima tns, aplicando la prueba con Pull Test

Figura 6 Tendencia de factor de anclaje



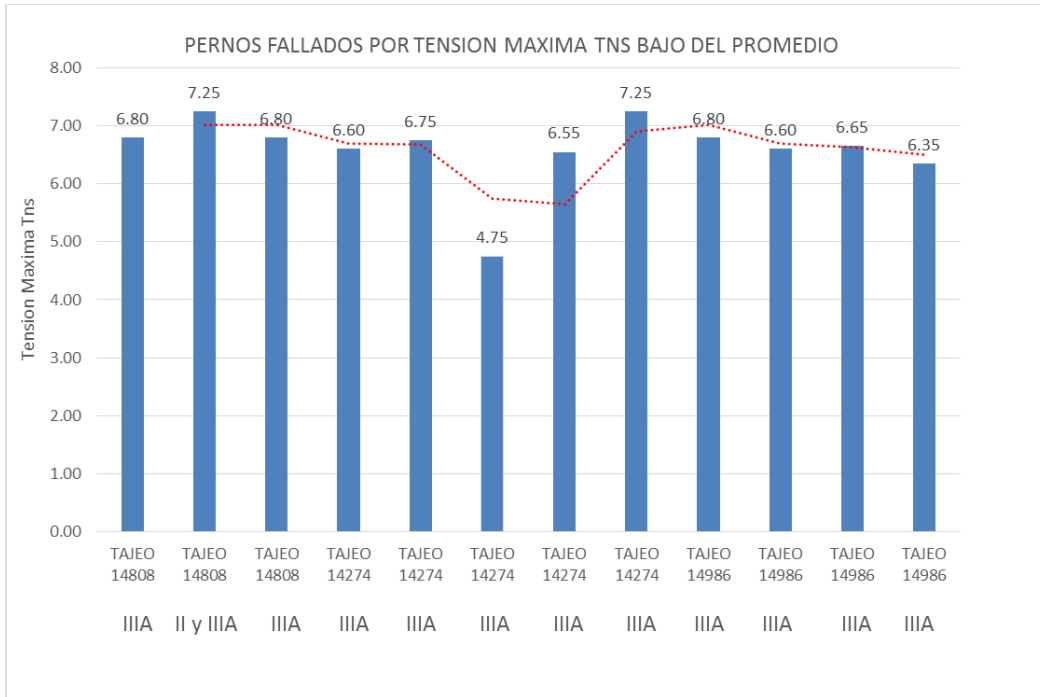
Fuente: Elaboración propia

Figura 7 Tendencia según longitud de anclaje



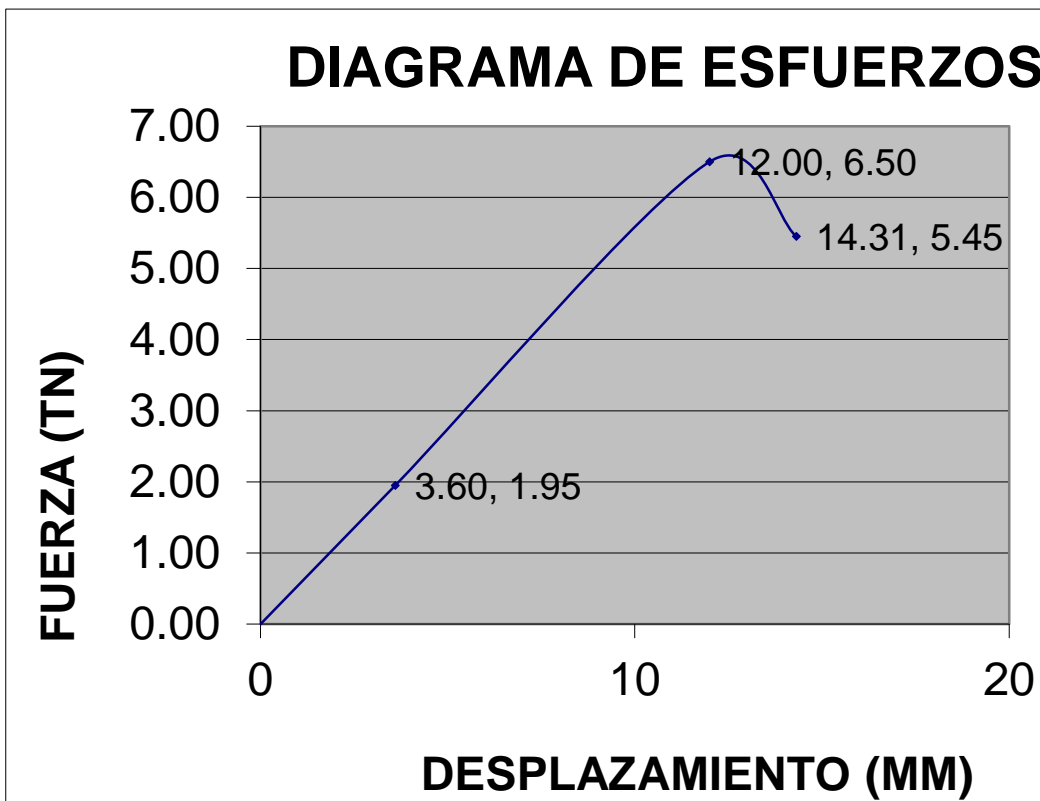
Fuente: Elaboración propia

Figura 8 Pernos fallados por tensión máxima Tns bajo del promedio



Fuente: Elaboración propia

Figura 9 Diagrama de esfuerzos



Fuente: Elaboración propia

5.3.2 Estadísticas de Seguridad E.A. Cerro S.A.C.

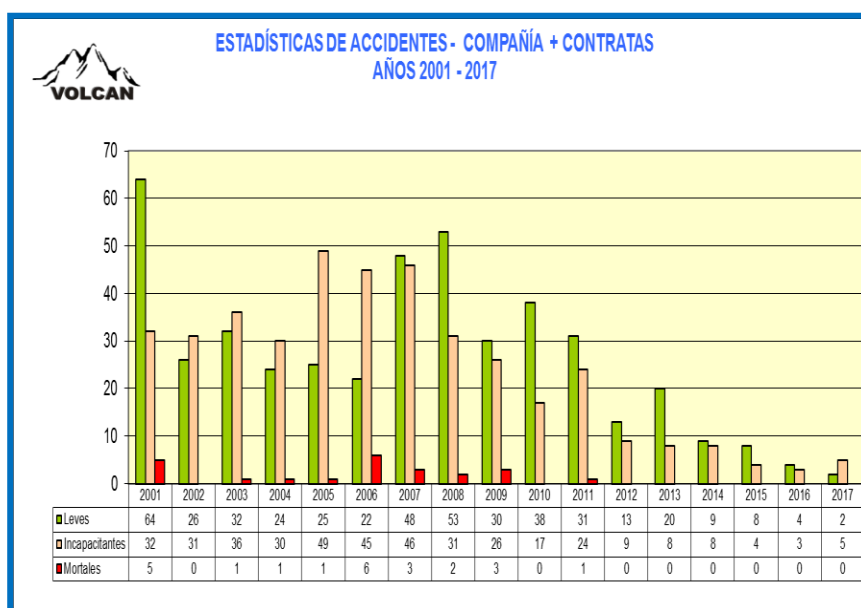
Se considera la estadística desde el año 2001 hasta el 2017 con datos de accidentes leves, incapacitantes y mortales con los índices de frecuencia, severidad y accidentabilidad, para graficar el porcentaje por tipo de accidentes personales desde el año 2001 hasta el 2013 y la reducción de accidentes por desprendimiento de rocas desde el año 2014 hasta el 2017.

Cuadro 16 Estadística de seguridad

ESTADÍSTICA DE SEGURIDAD UNIDAD CERRO DE PASCO																	
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Leves	64	26	32	24	25	22	48	53	30	38	31	13	20	9	8	4	2
Incapacitantes	32	31	36	30	49	45	46	31	26	17	24	9	8	8	4	3	5
Mortales	5	0	1	1	1	6	3	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0
Frecuencia(1)	6.47	5.59	6.01	4.49	6.64	6.68	6.29	3.59	4.29	2.13	3.58	1.46	0.93	1.69	2.68	1.93	2.72
Severidad(2)	5422	298	1502	1200	1156	5081	2855	1462	3330	87	1004	187	23	51	134	80	235
Accidentabilidad (3)	35.08	1.67	9.03	5.39	7.68	33.94	17.96	5.25	14.28	0.19	3.59	0.27	0.02	0.09	0.36	0.15	0.64

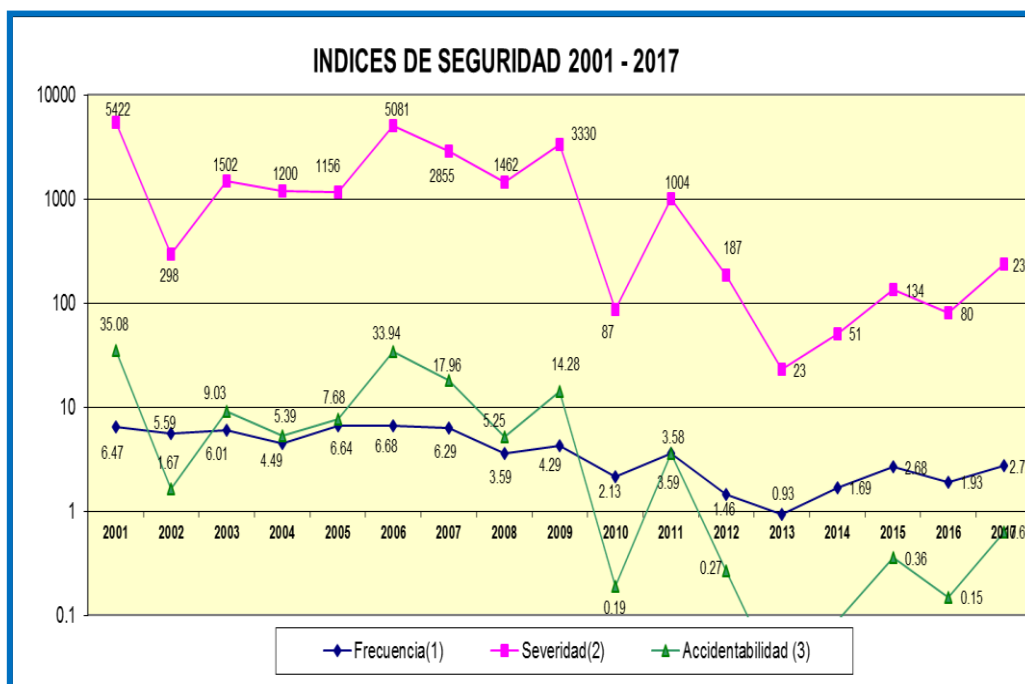
Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

Cuadro 17 Estadísticas de accidente años 2001 - 2017



Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

Figura 10 índices de seguridad 2001 - 2017



Fuente: Elaboración propia

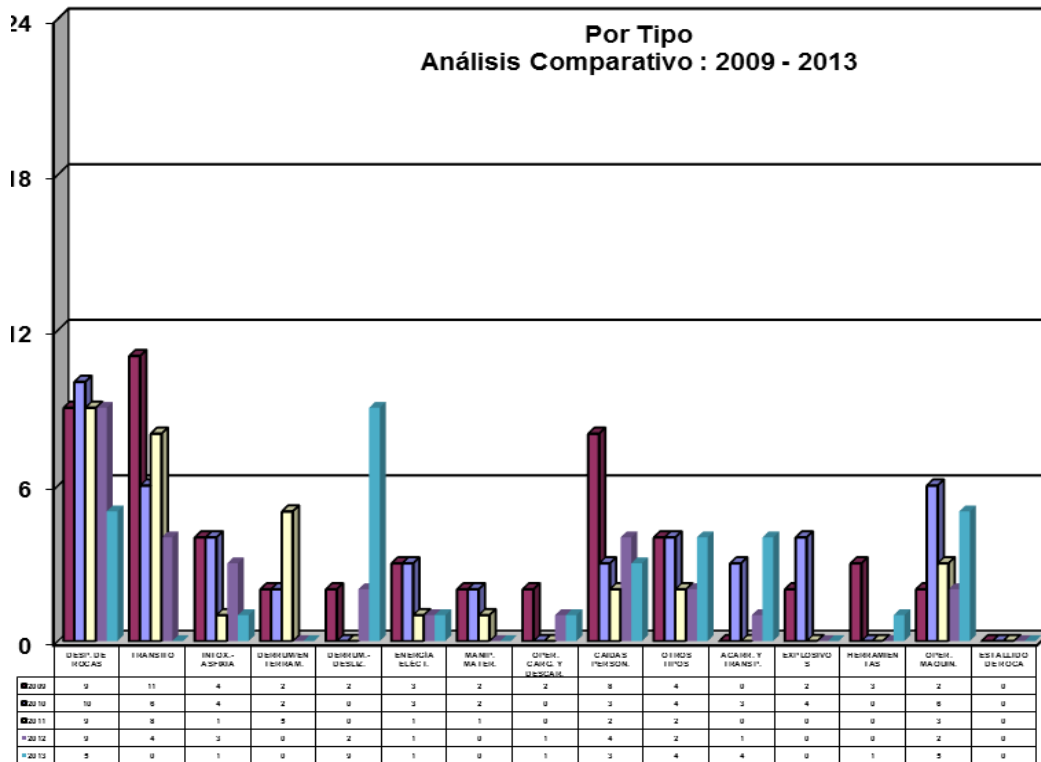
Referencia de accidentes por tipo en la que se detalla desde el año 2009 al 2013 datos de años anteriores no encontrados por tipo en la que se evidencia que la mayor incidencia es por desprendimiento de rocas

Cuadro 18 Referencias de accidente por tipo año 2009 - 2013

POR TIPO	2009	2010	2011	2012	2013
DESP. DE ROCAS	9	10	9	9	5
TRANSITO	11	6	8	4	0
INTOX.-ASFIXIA	4	4	1	3	1
DERRUM/ENTERRAM.	2	2	5	0	0
DERRUM.-DESLIZ.	2	0	0	2	9
ENERGÍA ELÉCT.	3	3	1	1	1
MANIP. MATER.	2	2	1	0	0
OPER. CARG. Y DESCAR.	2	0	0	1	1
CAIDAS PERSON.	8	3	2	4	3
OTROS TIPOS	4	4	2	2	4
ACARR. Y TRANSP.	0	3	0	1	4
EXPLOSIVOS	2	4	0	0	0
HERRAMIENTAS	3	0	0	0	1
OPER. MAQUIN.	2	6	3	2	5
ESTALLIDO DE ROCA	0	0	0	0	0
TOTAL	54	47	32	29	34

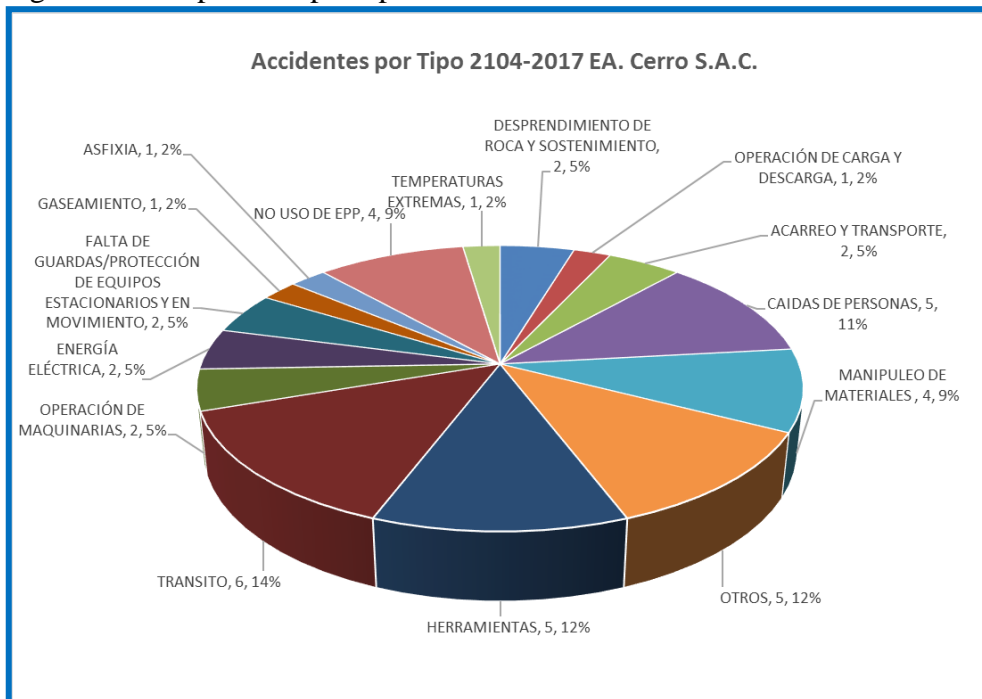
Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

Figura 11 Por tipo análisis comparativo 2009 - 2013



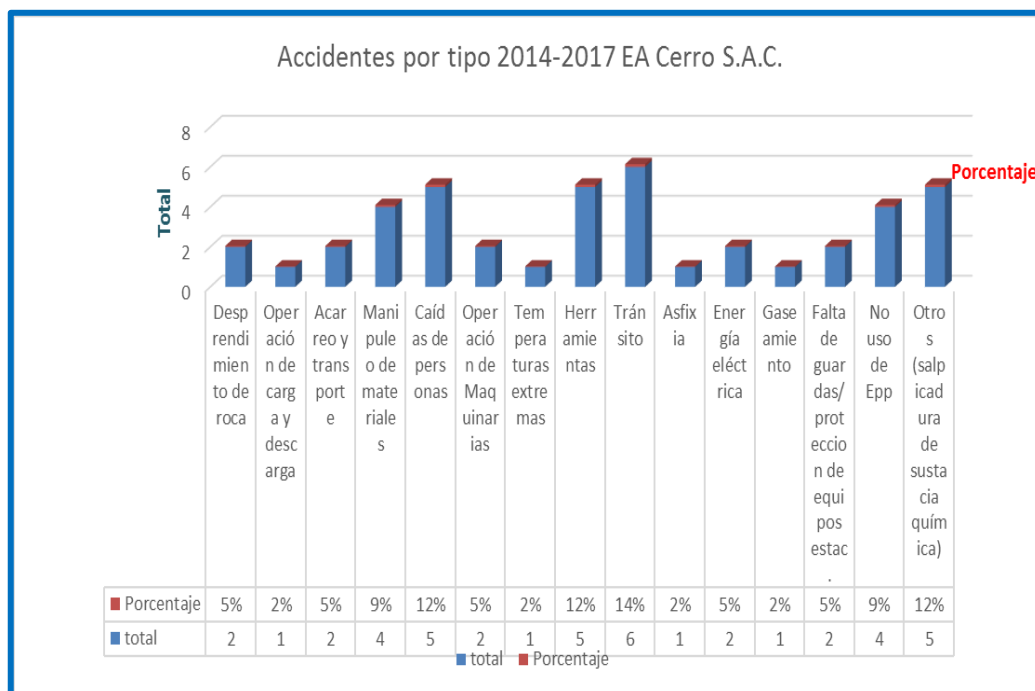
Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Comparativo por tipo de accidentes en la EA. Cerro SAC.



Fuente: Elaboración propia

Cuadro 19 Estadística de seguridad E.A. Cerro S.A.C. area seguridad y salud ocupacional.



Fuente: Elaboración propia

5.4 Discusión.

En función a la geología, tipo de roca, el mapeo geomecánico considerando las simulaciones con los softwares geomecánicos, se aplica el tipo de sostenimiento mecanizado con split set en roca tipo III, considerando en la reducción de accidentes por desprendimiento de roca.

5.4.1. Geología TJ 14986 N, PISO 11

La mineralización predominante de este sector está conformada por cuerpos irregulares de depósitos de flujo hidrotermal y de reemplazamiento metazomático en matriz de pirita, calizas y dolomías, con inclusiones de aglomerado volcánico entre las zonas de intersección del corredor con la Falla Longitudinal de Cerro de Pasco y la zona de

contacto de las calizas con los cuerpos de pirita que conforman una línea irregular casi paralela a la Falla Longitudinal.

Caracterización Geométrica TJ 14986

La calidad del macizo rocoso de esta área es de roca Tipo IIIA y IIIB, con RMR de 45 a 60 según se presenta el grado de fracturamiento de la pirita o el aglomerado volcánico.

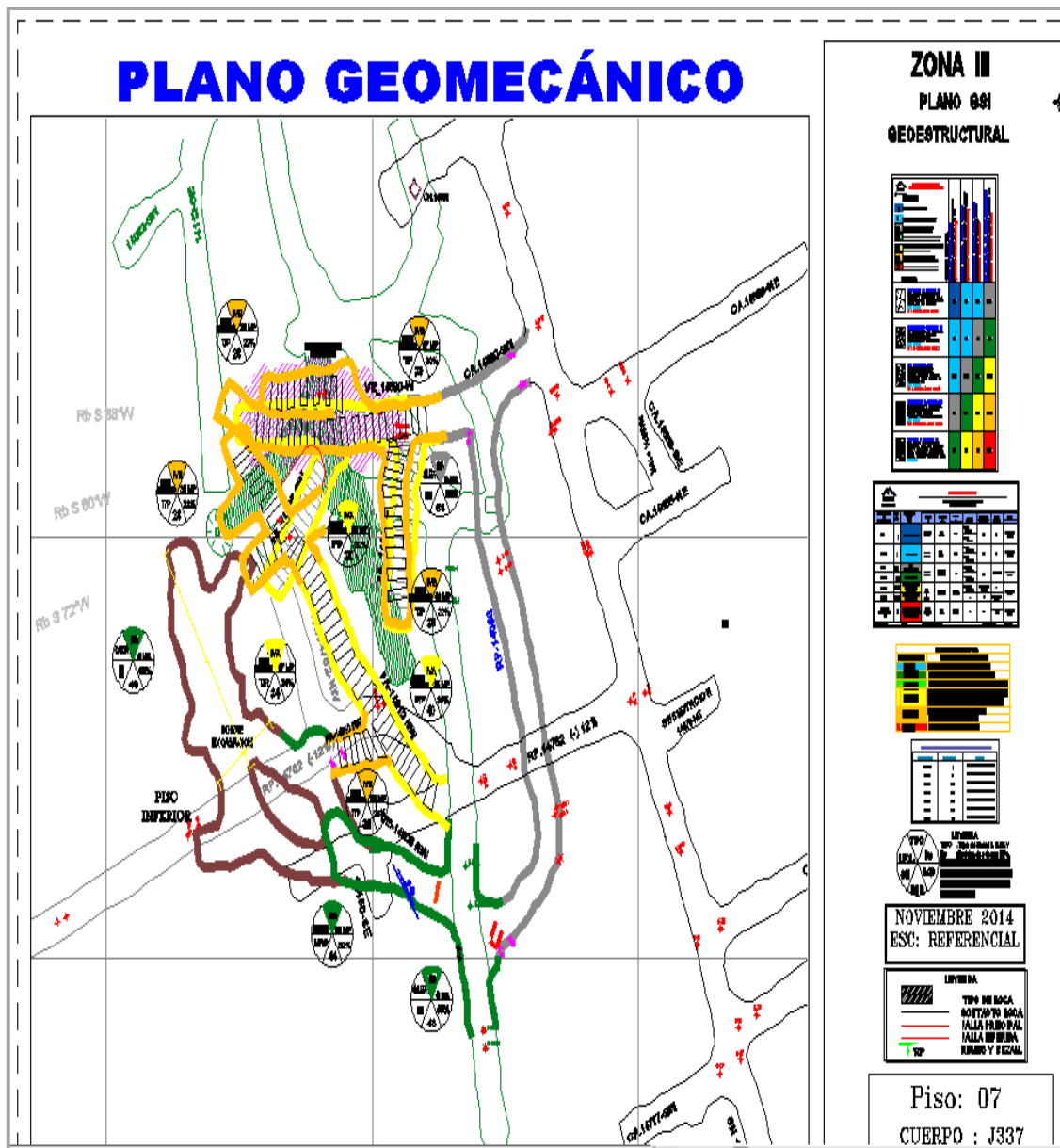
En el mapeo a considerar es la siguiente clasificación.

Cuadro 20 Clasificación geomecánica roca Tipo IIIA

ZONA	III			
LABOR	TJ 14986 N	FECHA	:	24/01/2015
NIVEL	1400	MAPEADO POR	:	Efrain Lopez Rojas
PISO	11	Geología	:	Pirita intensamente fracturada/regular
CUERPO	CNA XNE	Progresiva	:	Frente
PROPIEDADES		DATOS DE CAMPO		VALORIZACION
1. Resistencia a la compresion uniaxial		20 Mpa		7
2. RQD		20%		6
3. Separación entre discontinuidades		0.003 a 0.15 m		7
4. Estado de continuidades				
	Longitud	< 1 m		6
	Abertura	1.0 a 5.0 mm		1
	Rugosidad	Ligeramente rugoso		3
	Relleno	Ninguno		4
	Alteración	Liger. Alterada		5
5. Agua subterránea		Seco		15
6. Orientación de discontinuidades		Favorable		-2
RMR				52
CLASIFICACION GEOMECANICA		ROCA TIPO		IIIA

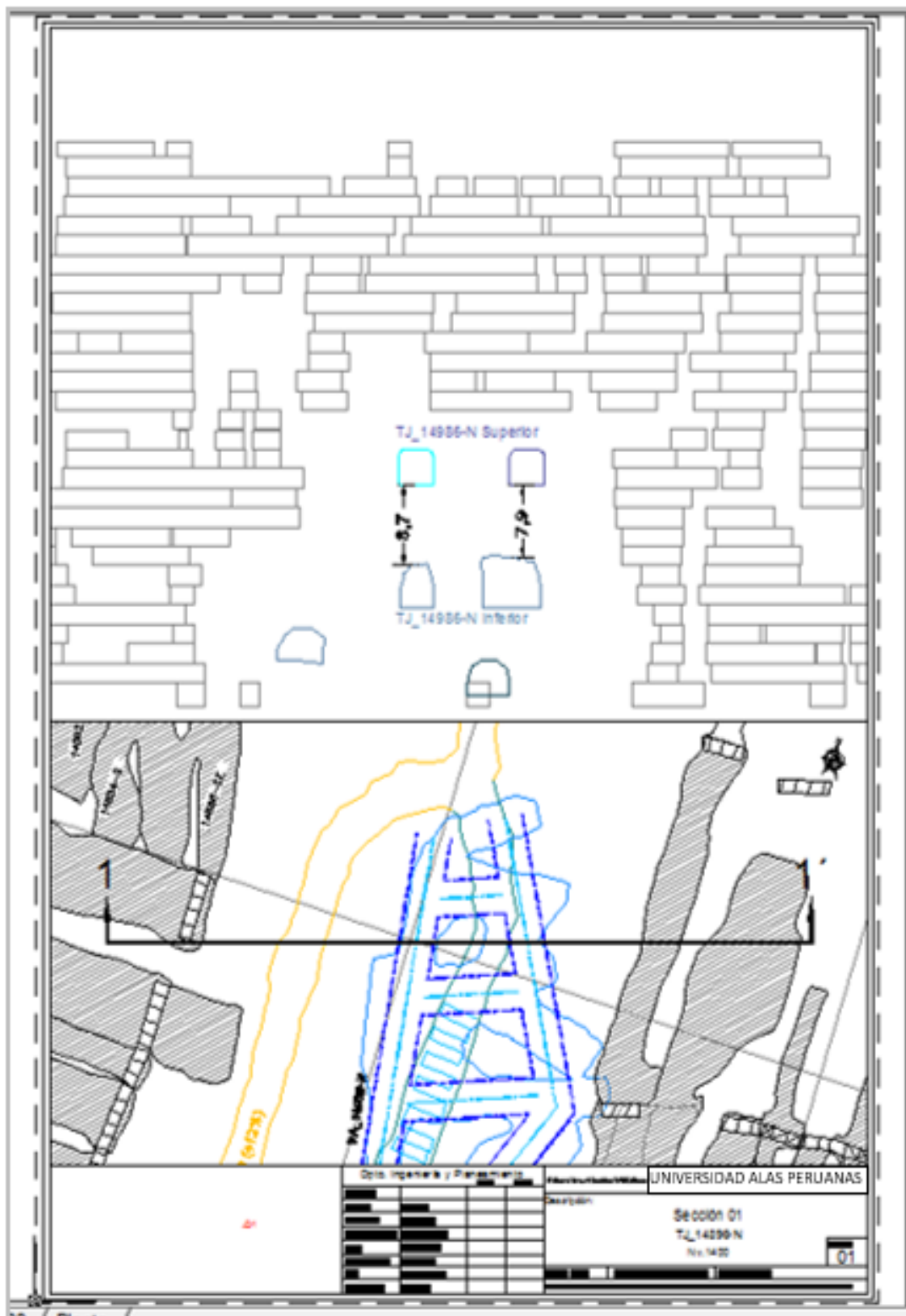
Fuente: Elaboración propia..

Figura 13 Plano Geomecánico



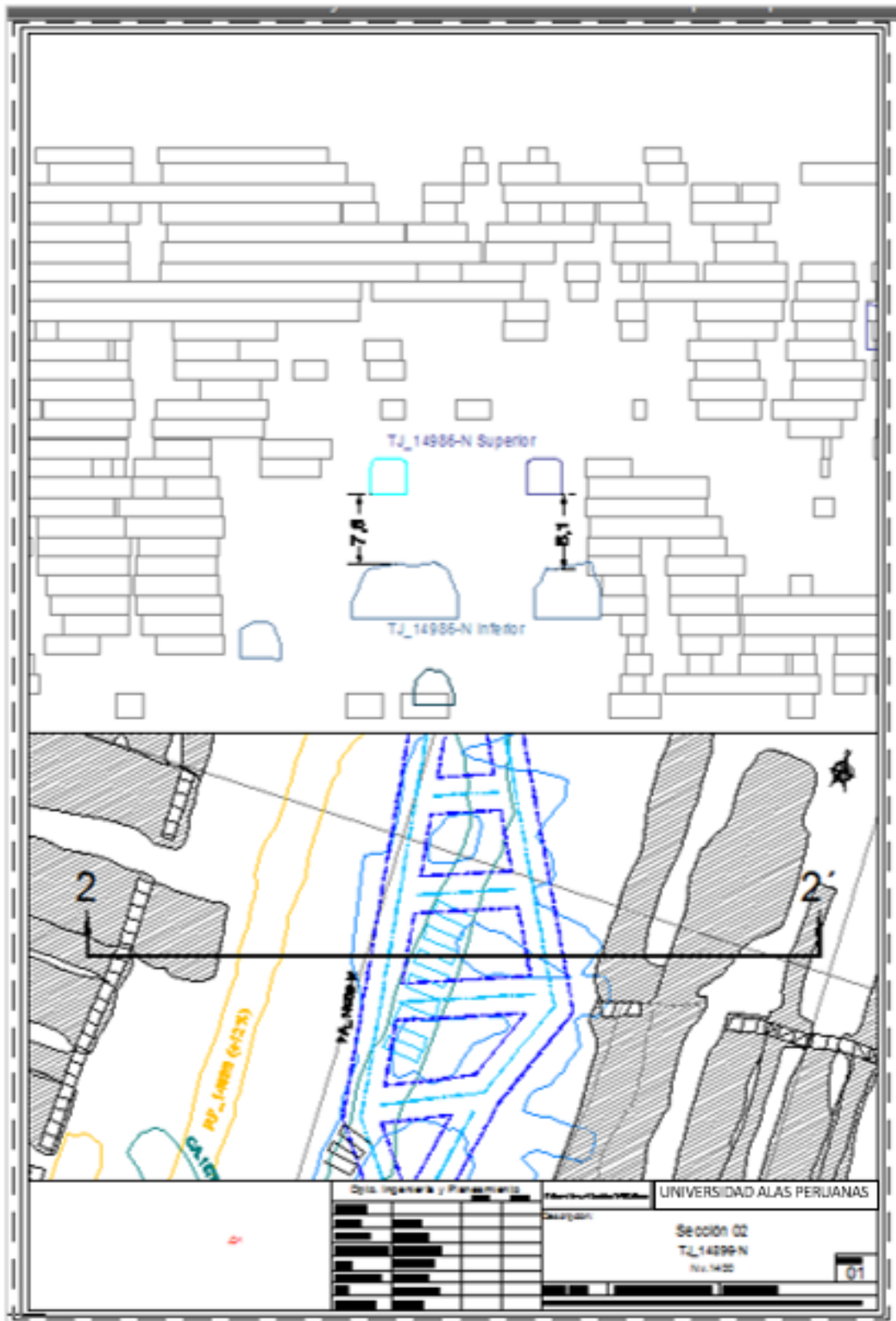
Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

Figura 14 Plano geomecánico del piso 07 cuerpo J337. E.A. Cerro S.A.C.



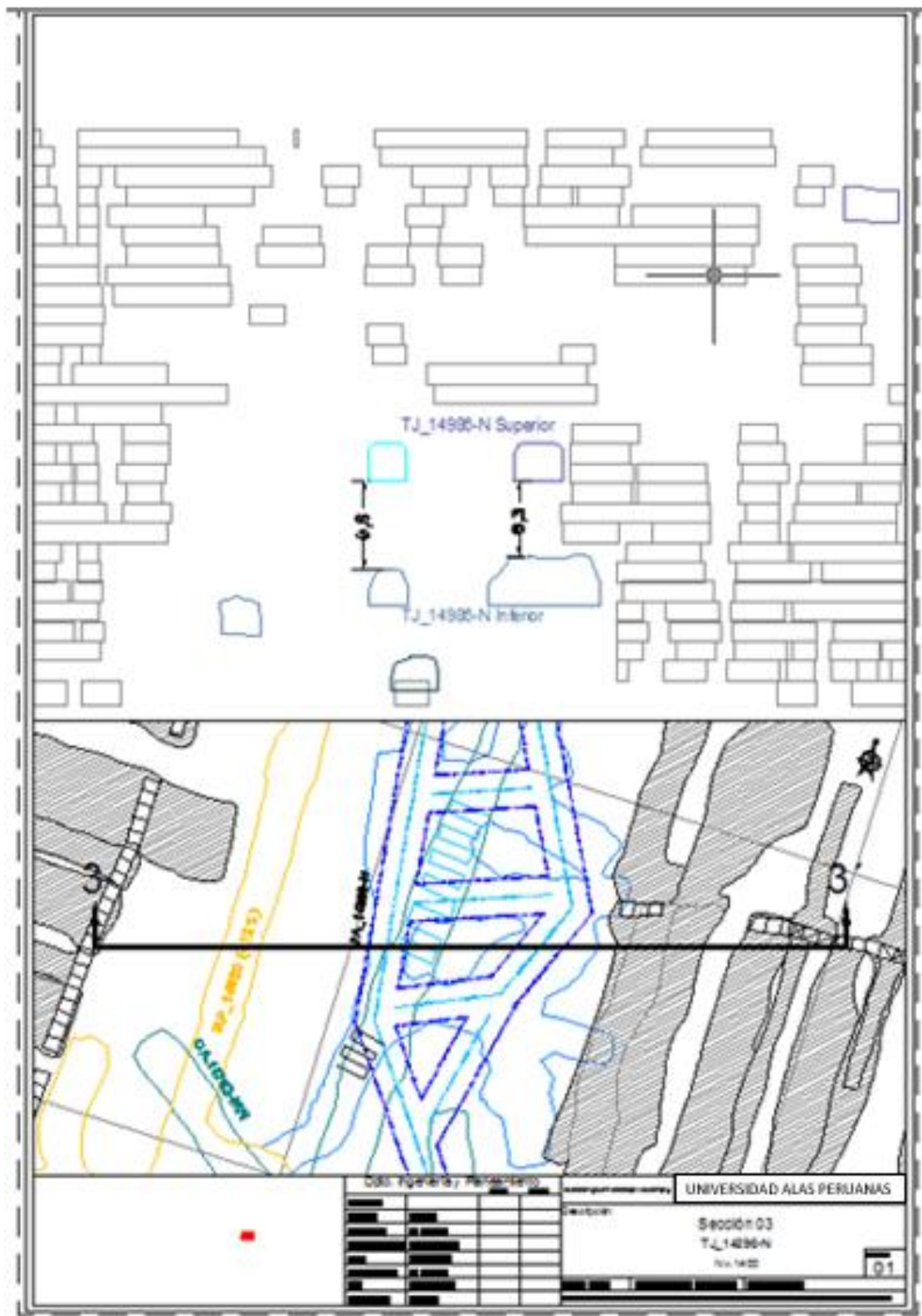
Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

Figura 15 Plano geomecánico del piso 07 cuerpo J337



Fuente: E.A. Cerro S.A.C .

Figura 16 Planos de secciones del Tajeo 14986 E.A. Cerro S.A.C.



Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

Análisis de Estabilidad

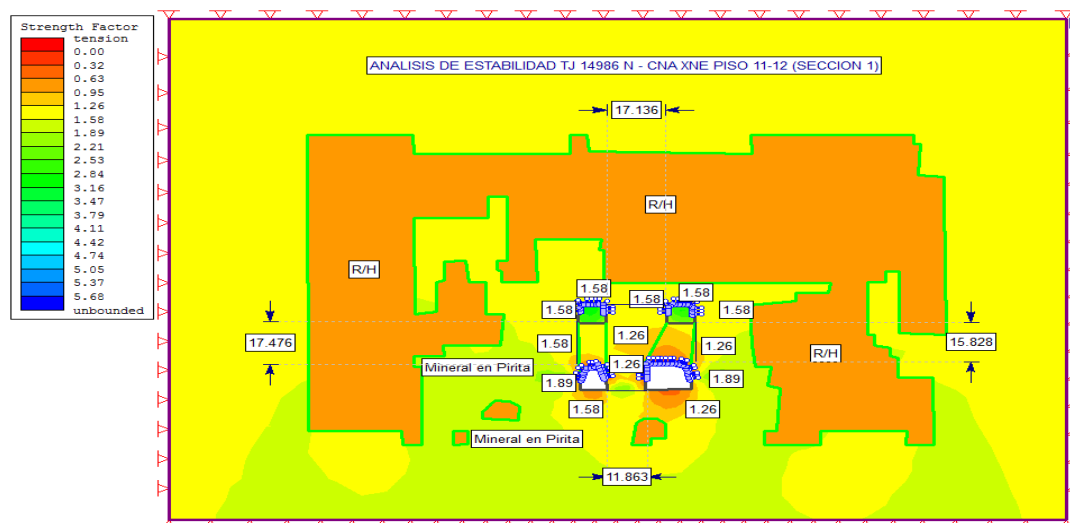
Para evaluar el comportamiento de la estabilidad del TJ_ 14986 N, se procedió a realizar el análisis de esfuerzos/deformación aplicando el software **PHASE2.V7** Obteniéndose los siguientes resultados:

Figura 17 Secuenciamiento de Minado:



Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

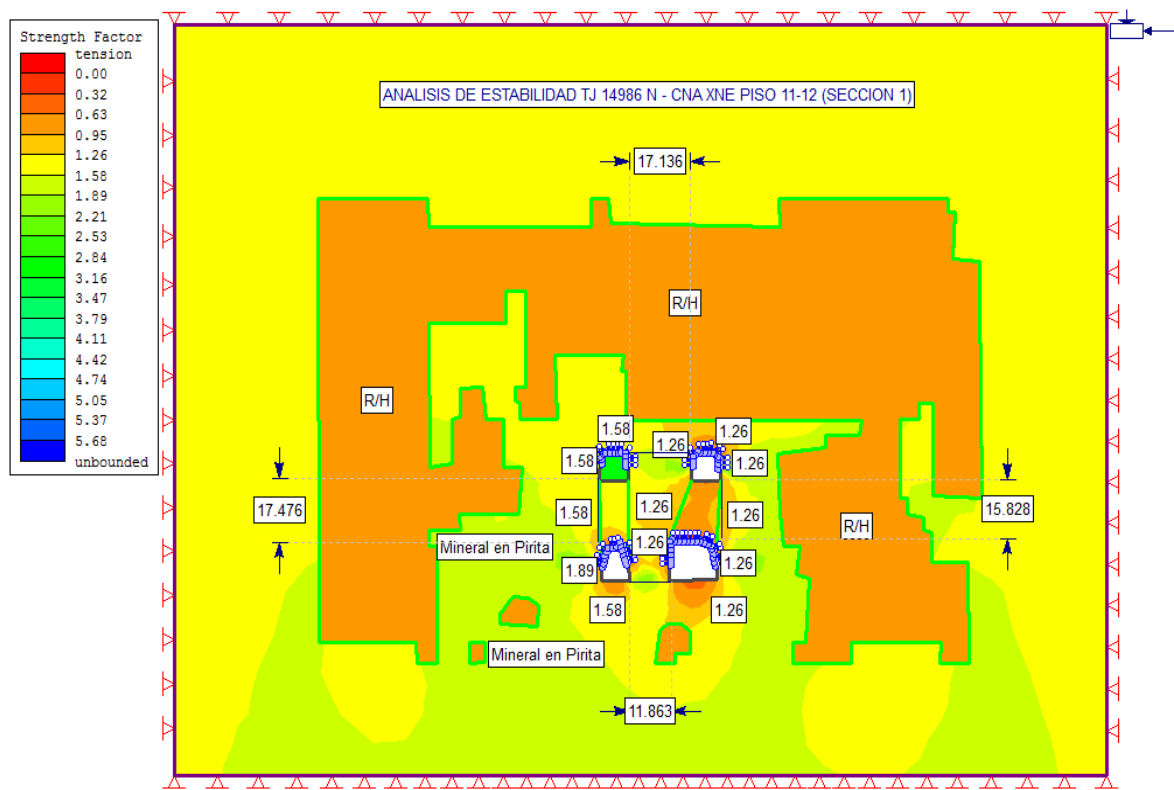
Figura 18 Análisis de estabilidad



Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

Considerando que actualmente las 02 ventanas del piso inferior PA 14986 N y PA 14847 SE se encuentran abiertas, parcialmente rellenas con material detrítico y sostenidas con malla y Split set sistemático, con un pilar de separación de 11.8 m. entre el pilar central, para una altura de banco 15.8 m. El factor de seguridad es de **1.26** y **1.89** > **1.1 Estable**, condiciones iniciales.

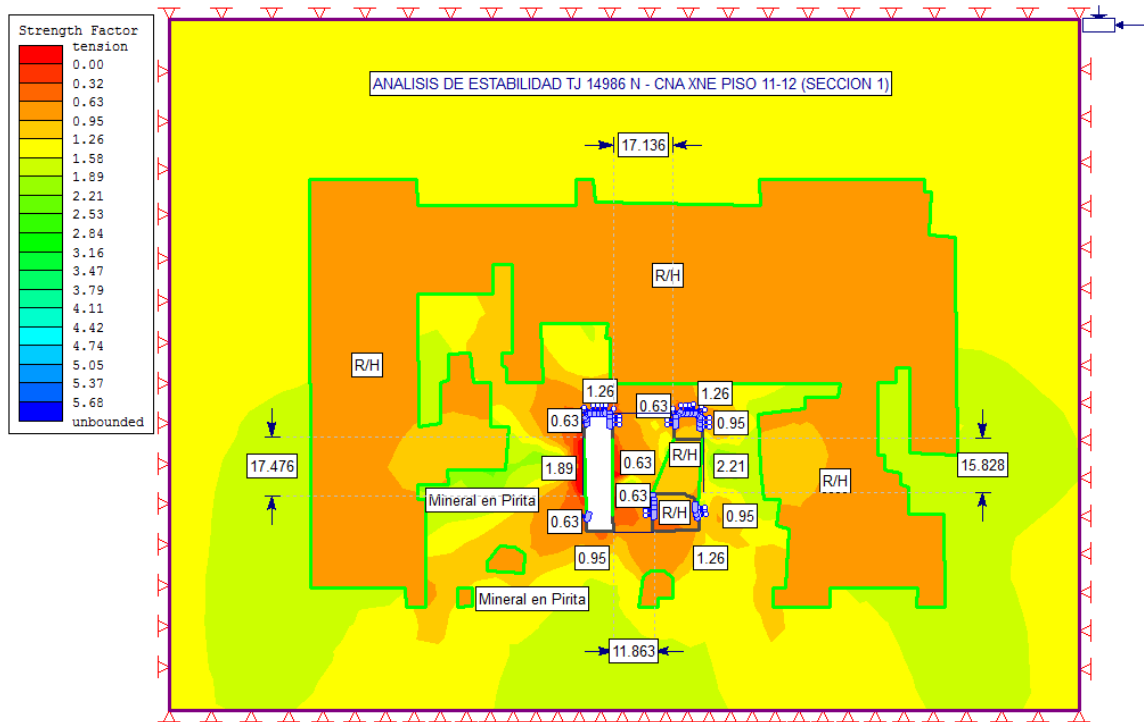
Figura 19 Análisis de estabilidad TJ sección II



Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

Al aperturar la excavación del piso superior (Cabeza) con sostenimiento compuesto por Split set sistemático, se observa que el F.S. en el techo y paredes laterales es de **1.26** y **1.58 Estable**.

Figura 20 Análisis de estabilidad 1.26 y 1.58 Estable.



Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

Resultados y Sugerencias

Del análisis elaborado se puede observar que desarrollando adecuadamente la secuencia de minado, respetando el tiempo de autoaporte el sostenimiento según avance y aplicando oportunamente el relleno hidráulico RHC en proporción 1/30 se puede realizar la explotación del tajeo evitando inestabilidad y perturbaciones significativas.

Respetar el diseño del proyecto y la secuencia de minado con una sección de 4x4 m.

Se puede aplicar el sostenimiento en tajeos con roca tipo III con pernos de anclaje Split set según avance hasta el tope del frente.

5.4.2 Geología TJ 14808 W

El macizo rocoso que rodea al cuerpo mineralizado CNA Área XNE está conformado principalmente por calizas y dolomías al lado Este y pirita alterada en la zona de contacto pirita-caliza al Oeste. El mineral está emplazado en matriz de brechas de pirita con calizas, dolomías y volcánico dacíticos.

a. Caracterización Geomecánica

De acuerdo al criterio de clasificación Geomecánica de Bieniawski (1989) se define la siguiente clasificación de calidades de la masa rocosa:

Rocas Tipo IIIA y IIIB, con RMR que varía desde 44 a 56. GSI MF/R (Muy fracturado regular)

Caracterización Geomecánica frente en Caliza MF/R, tipo de roca IIIA, PA 14808 W.

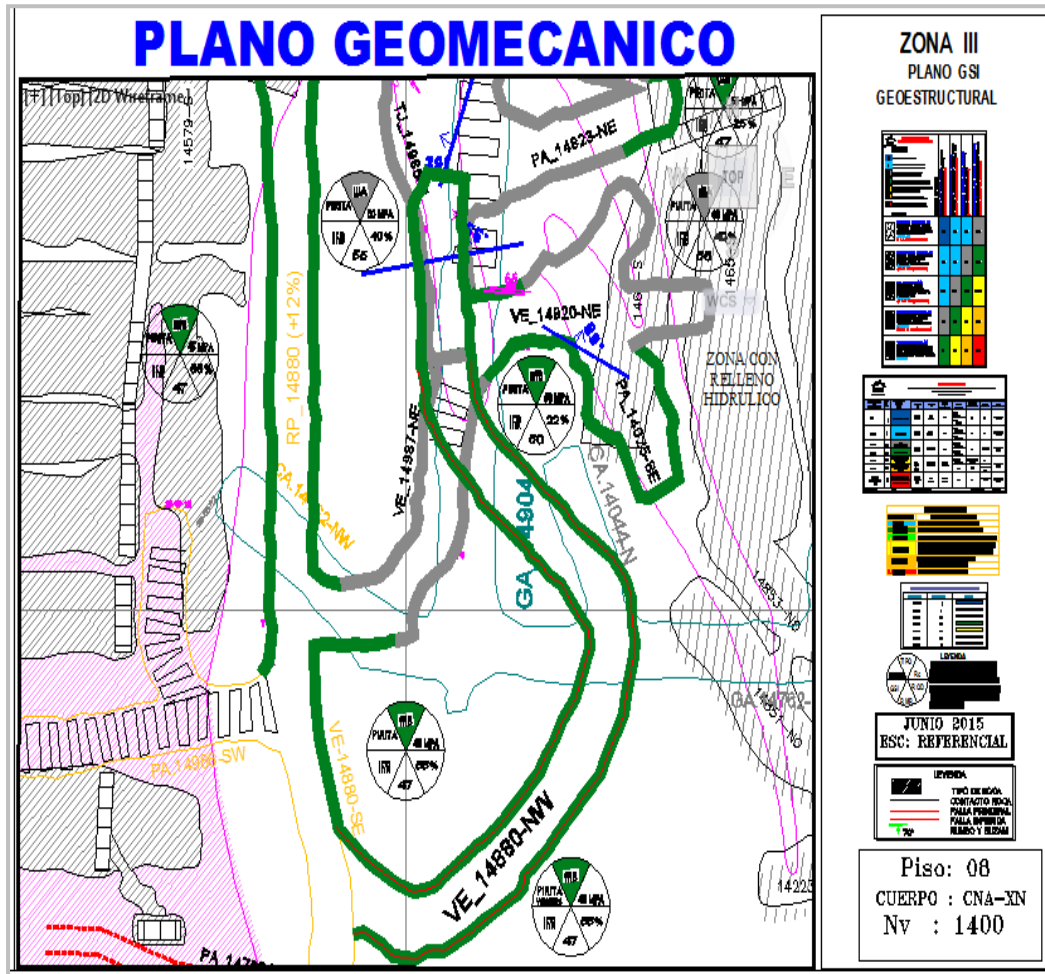
El mapeo a considerar es la siguiente clasificación.

Cuadro 21 Caracterización Geomecánica frente en Caliza MF/R, tipo de roca IIIA, PA 14808 W

ZONA	III			
LABOR	TJ 14808 W	FECHA	:	14/11/2014
NIVEL	1400	MAPEADO POR	:	Efrain Lopez Rojas
PISO	7	Geología	:	Frente de caliza MF/R
CUERPO		Progresiva	:	5 m
PROPIEDADES		DATOS DE CAMPO		VALORIZACION
1. Resistencia a la compresión uniaxial		50 Mpa		4
2. RQD		60%		13
3. Separación entre discontinuidades		0.003 a 0.15 m		7
4. Estado de continuidades				
	Longitud	< 1.0 m		6
	Abertura	1.0 a 5.0 mm		1
	Rugosidad	Ligeramente rugoso		3
	Relleno	Ninguno		4
	Alteración	Liger. Alterada		6
5. Agua subterránea		Seco		15
6. Orientación de discontinuidades		Media		-5
RMR				54
CLASIFICACION GEOMECANICA		ROCA TIPO		IIIA

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 21 Plano geomecánico Piso 8 cuerpo CNA-XN E.A. Cerro S.A.C.



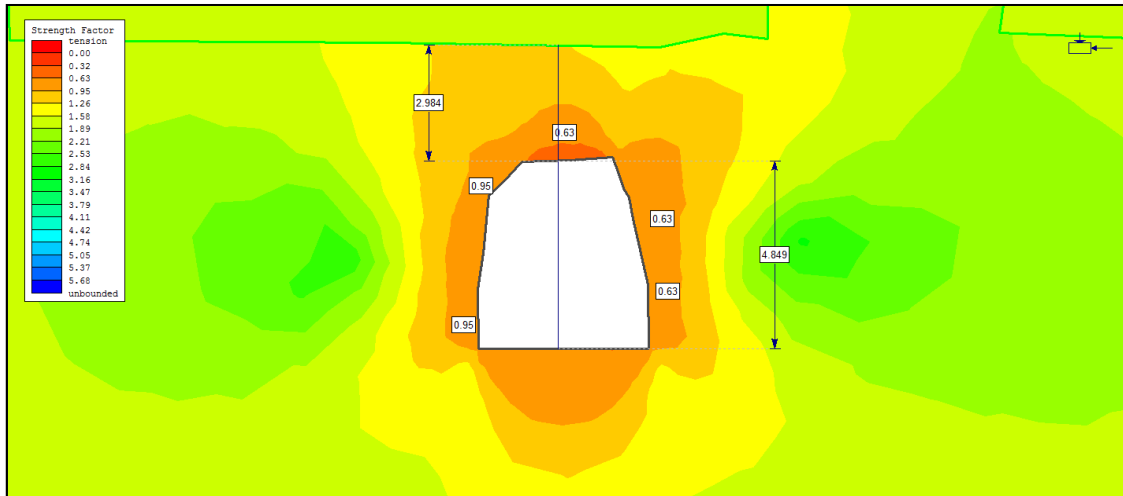
Fuente: E.A. Cerro S.A.C

b. Análisis de Estabilidad

Para evaluar el comportamiento de la estabilidad de labores con respecto a los paneles se desarrolló el análisis de esfuerzos/deformación aplicando el software PHASE2. Para cuyo efecto se procedió a la asignación de las propiedades geomecánicas los cuales fueron calculados a partir de la caracterización Geomecánica del macizo rocoso, mineral en caliza y del relleno hidráulico en proporción 1/30 (Input Data).

Simulación del PA 14808 W sin sostenimiento:

Figura 22 Simulación del PA 14808 W sin sostenimiento

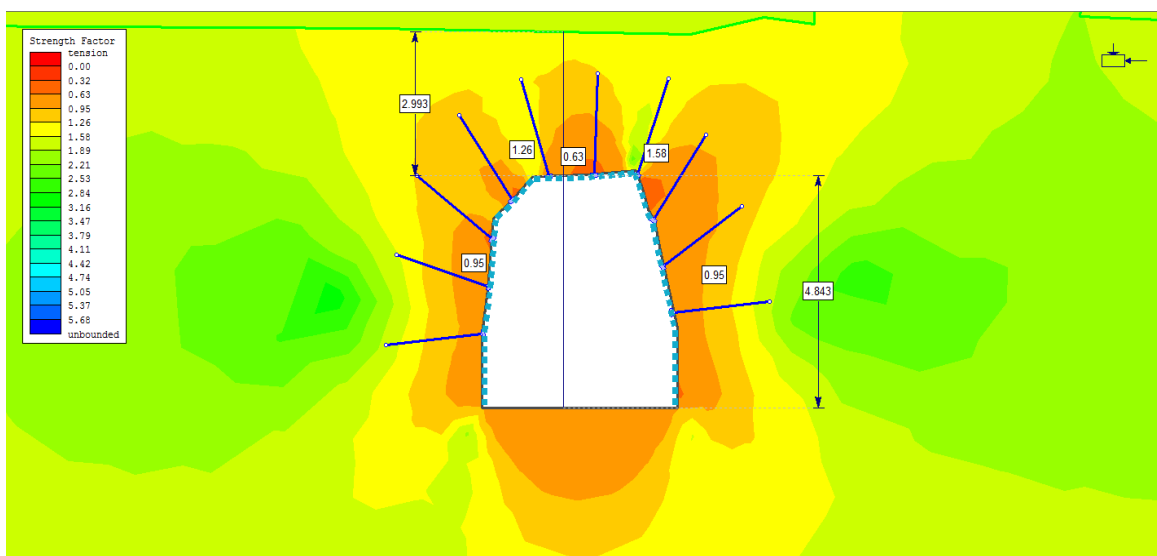


Fuente: E.A. Cerro S.A.C

Se observa puente de 2.99 m inferior a los 5m, así mismo la sección de la labor tiene una altura de 4.8 m fuera del estándar. El factor de seguridad sin sostenimiento es de $0.63 < 1$ Inestable

Simulación del PA 14808 W después de colocar sostenimiento:

Figura 23 Factor de seguridad de 1.2



Fuente: E.A. Cerro S.A.C

Simulación de la proyección del PA 14808 W antes de incorporar sostenimiento:

Figura 24 F.S de 0.63 Muy Inestable en la corona siendo una condición de alto riesgo.

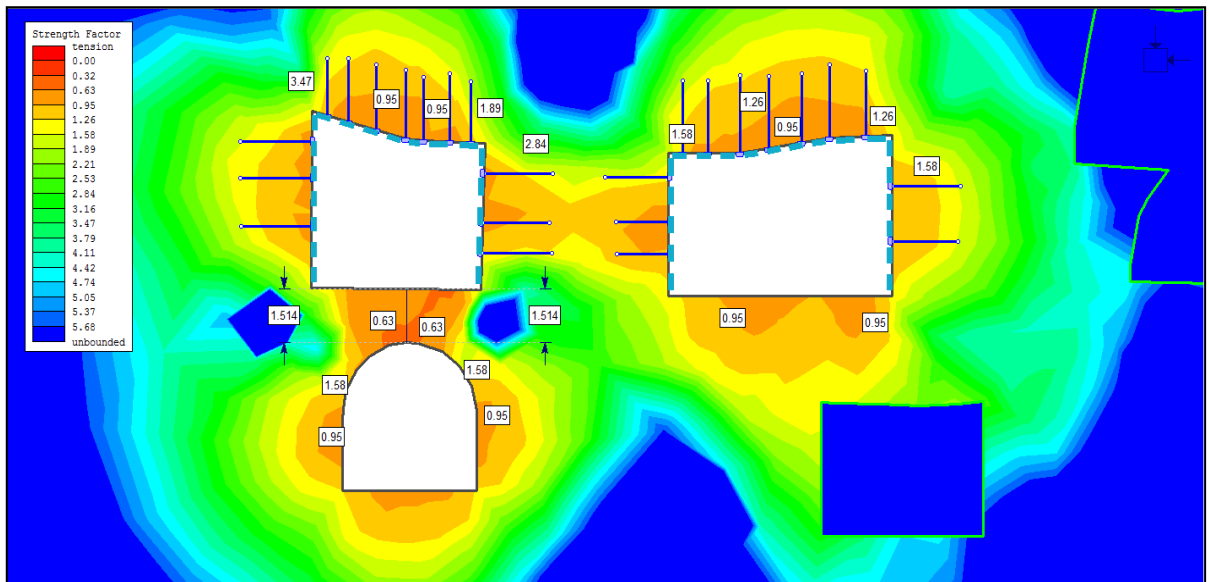
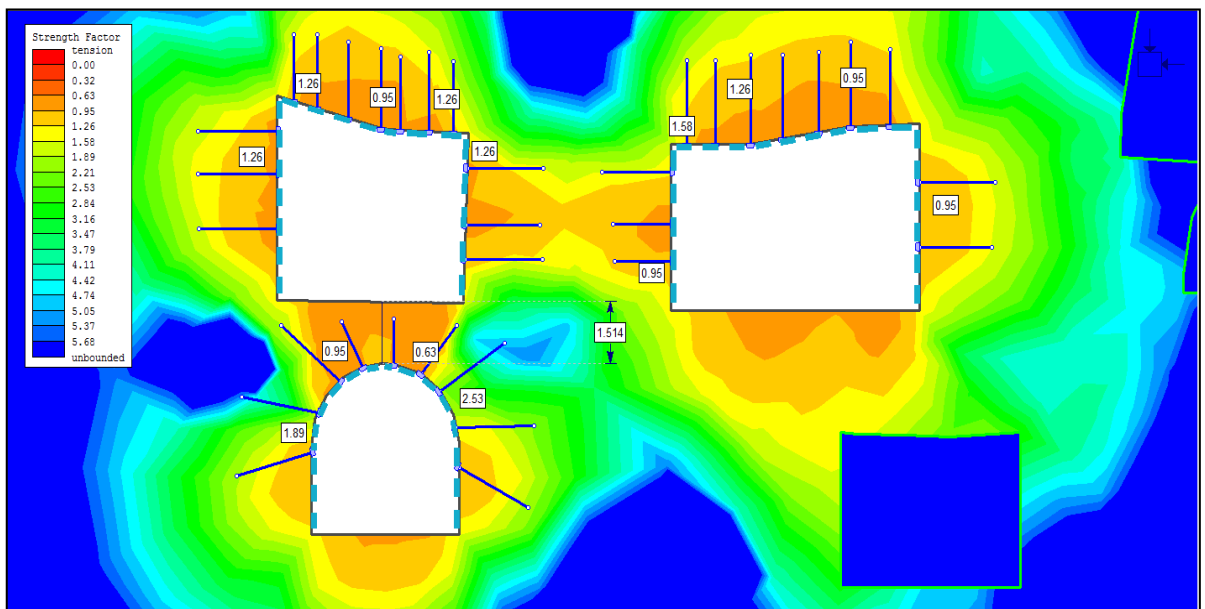


Figura 25 Simulación de la proyección del PA 14808 W con sostenimiento:



El F.S incrementa a 0.95 sin embargo la condición continúa inestable ya que es inferior a 1

Resultados:

Para continuar con los trabajos de explotación en este sector se debe respetar el puente mínimo de seguridad establecido que es de 4 m.

- Respetar el diseño de las secciones de labores abiertas que deben ser de 4x4 m como indica el estándar cumpliendo con la instalación de sostenimiento compuesto en Split set sistemático.

- Completar el relleno de labores abiertas con RHC 1/30 con la finalidad de garantizar la estabilidad global del área.

5.4.3 Geología TJ 14274 W

La mineralización está emplazada en matriz brechada de calizas y dolomías, con presencia de rocas volcánicas en el Nivel 1200 y con nódulos de caliza bituminosa y pirita de grano fino a medio en el Nivel 1600. La roca encajonante del cuerpo mineralizado está conformada por calizas y dolomías alteradas hacia el Este, en tanto que en el Oeste se presentan calizas y dolomías hacia el lado Norte y cuerpo de pirita hacia el lado Sur en contacto con la caliza en línea muy irregular.

a. Caracterización Geomecánica

De acuerdo al criterio de clasificación Geomecánica de Bieniawski (1989) se define la siguiente zonificación de calidades de la masa rocosa: Rocas de Tipos IIIA y IIIB, con RMR 44 a 56, se presentan desde el ingreso al Rampa 14273 y Sub Nivel 14273 N en pirita, volcánicos, calizas y dolomías.

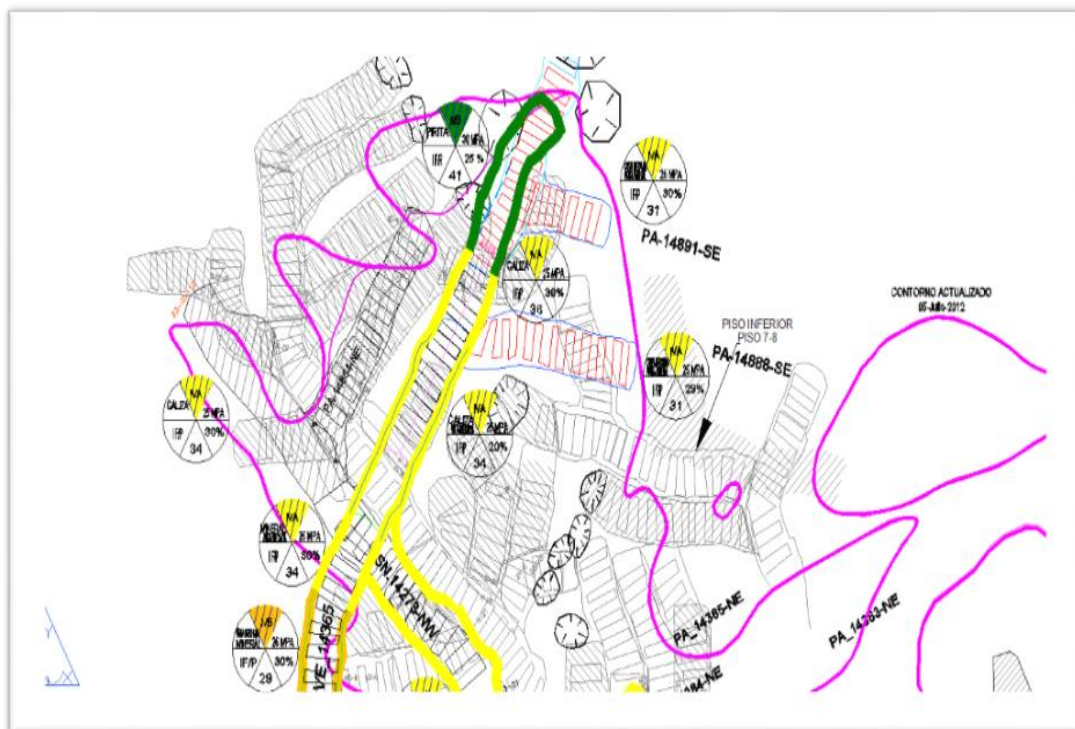
El mapeo a considerar es la siguiente clasificación.

Cuadro 22 Zonificación de calidades de la masa rocosa

ZONA	III		
LABOR	TJ 14274 W	FECHA	: 19/11/2014
NIVEL	1400	MAPEADO POR	: Efrain Lopez Rojas
PISO	17	Geologia	: Pirita intensamente fracturada/regular
CUERPO	J337A	Progresiva	: Frente
PROPIEDADES		DATOS DE CAMPO	VALORIZACION
1. Resistencia a la compresion uniaxial		25 Mpa	4
2. RQD		55%	13
3. Separación entre discontinuidades		0.003 a 0.15 m	7
4. Estado de continuidades			
Longitud		<1.0 mm	6
Abertura		1.0 a 5.0 mm	1
Rugosidad		Ligeramente rugoso	3
Relleno		Ninguno	6
Alteración		Moder. Alterada	3
5. Agua subterranea		Humedo	10
6. Orientación de discontinuidades		Favorable	-2
RMR			51
CLASIFICACION GEOMECANICA		ROCA TIPO	IIIA

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 26 Plano geomecánico del tajeo 14274 E.A. Cerro S.A.C.



Fuente: E.A. Cerro S.A.C.

b. Análisis de Estabilidad

Para evaluar el comportamiento de la estabilidad del proyecto de minado se desarrolló el análisis de esfuerzos/deformación aplicando el software PHASE2. Para cuyo efecto se procedió a la asignación de las propiedades geomecánicas los cuales fueron calculados a partir de la caracterización Geomecánica del macizo rocoso, mineral en calizas, dolomías y pirita con del relleno hidráulico proporción 1/25 para el (Input Data).

Cuadro 23 estabilidad del proyecto de minado

Material Name	Color	Initial Element Loading	Unit Weight (MN/m ³)	Elastic Type	Young's Modulus (MPa)	Poisson's Ratio	Failure Criterion	Material Type	Tensile Strength (MPa)	Friction Angle (peak) (deg)	Cohesion (peak) (MPa)	Intact Compressive Strength (MPa)	mb (peak)	s (peak)	a (peak)	Piezo Line	Ru
		None		Isotropic	20000	0.3	Mohr Coulomb	Elastic	0	35	10.5					None	0
Mineral		Field Stress and Body Force	0.037	Isotropic	327.4	0.32	Generalized Hoek-Brown	Elastic				30	0.802337	0.000383	0.510622	None	0
Caliza		Field Stress and Body Force	0.026	Isotropic	398.8	0.32	Generalized Hoek-Brown	Elastic				35	0.825351	0.000572	0.508658	None	0
Relleno		Field Stress Only		Isotropic	55	0.32	Mohr Coulomb	Elastic	0.5	32	2					None	0

Fuente: E.A. Cerro S.A.C

Cuadro 24 Propiedades para el Relleno

Tipo de material	Mezcla	Densidad (Tn/m ³)	Densidad (KN/m ³)	Angulo Friccion (°)	Cohesión (MPa)	Mod. Young (MPa)	Relación de Poisson
Relleno cementado	1 : 6	2	0.020	30	2	1200	0.27
	1 : 30	2	0.020	25	0.250	400	0.30
R/H	-	1.8	0.018	20	0.015	55	0.32
Unich	-	2	0.020	25	0.025	300	0.30

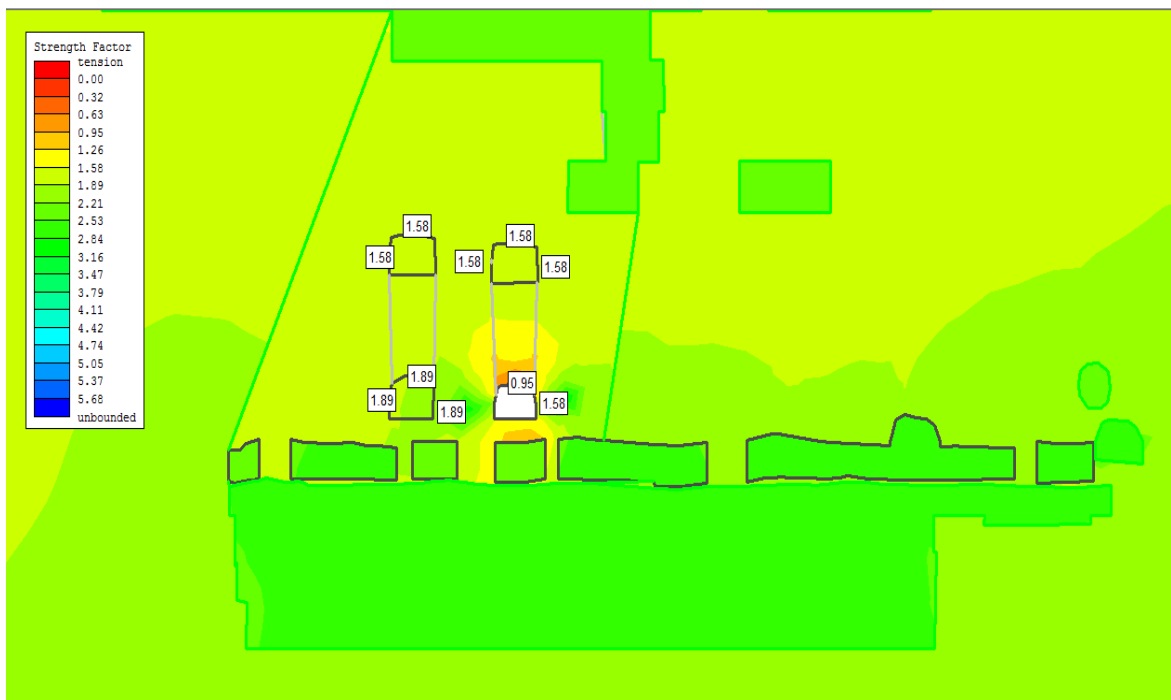
Fuente: E.A. Cerro S.A.C

c. Secuenciamiento de minado:

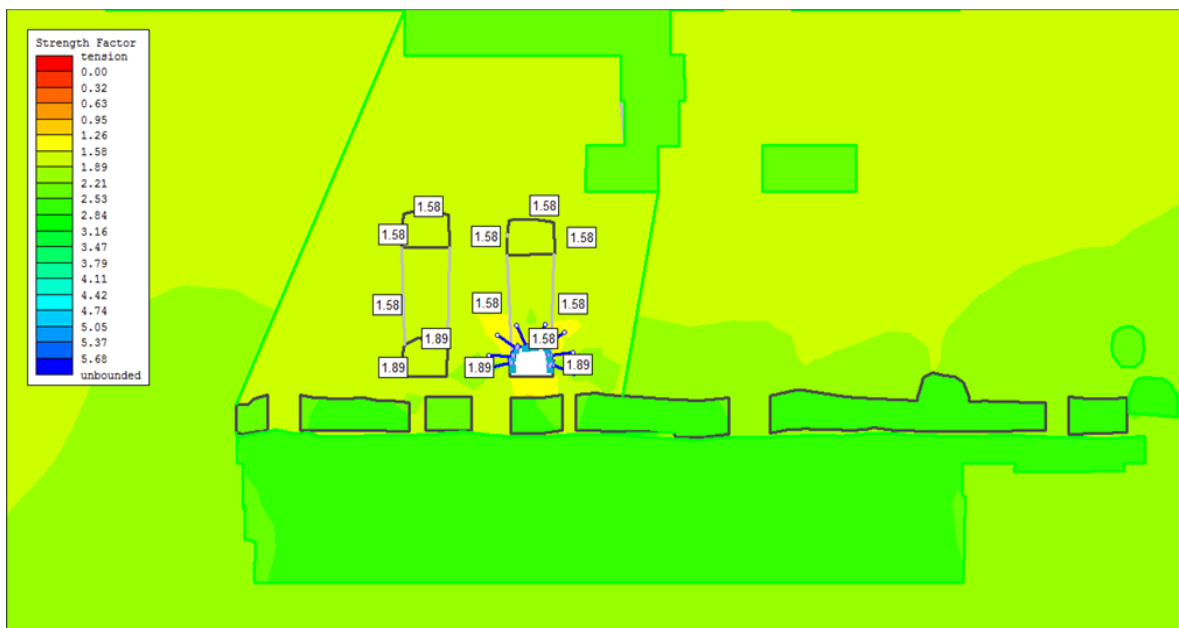
La explotación se realizará de manera alternada, una vez excavado los paneles primarios la siguiente etapa es proceder a rellenar con la proporción 1/25 de RHC obtenemos los siguientes resultados:



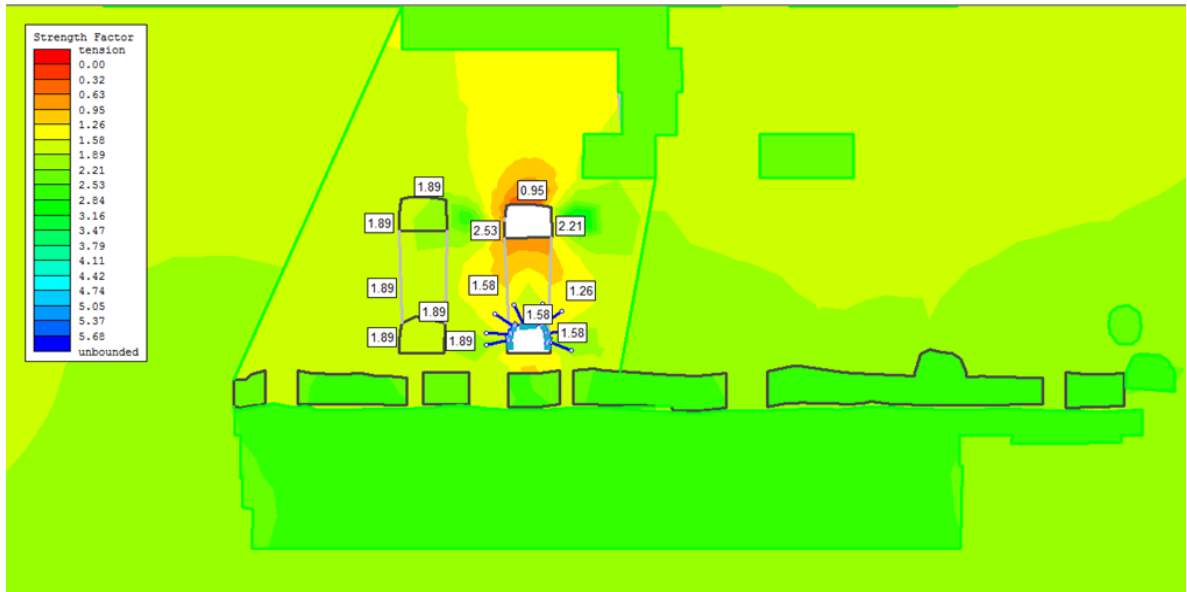
ETAPA 1: Considerando un pilar de separación de 6 m. entre las columnas para una altura de banco de 8 m. El factor de Seguridad mostrado en el SN 14365 NE es de **1.58 > 1 estable**, similar condición se presenta en el PA 14852 NE con un **F.S de 1.89 > 1 estable**. Condiciones Iniciales.



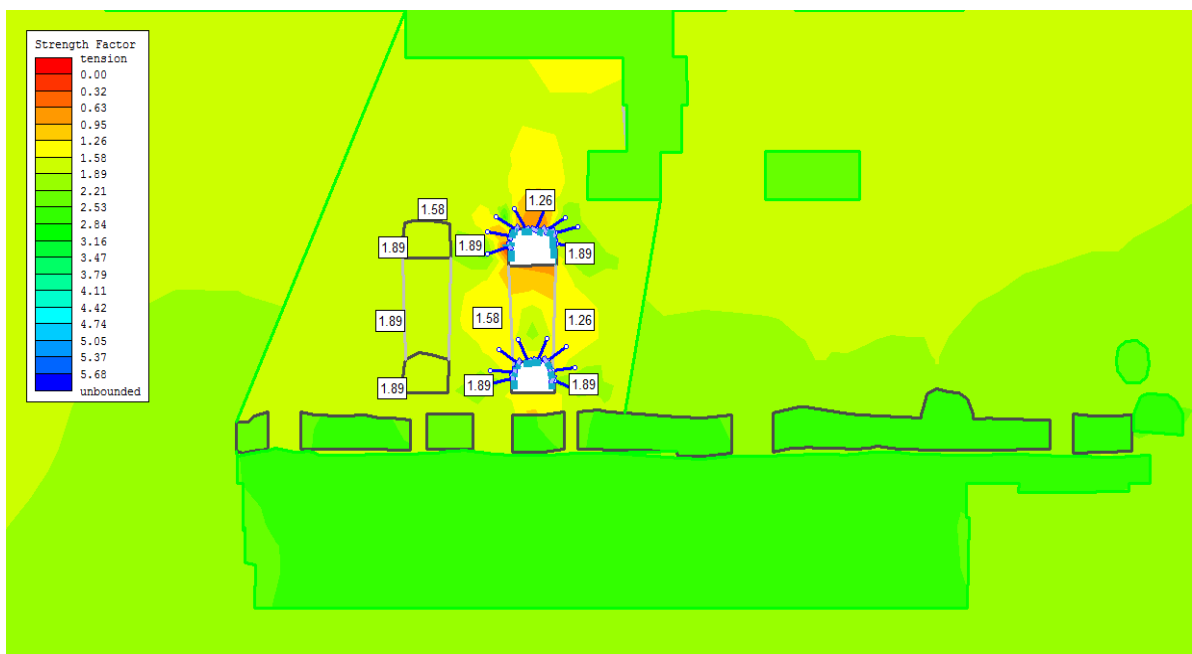
ETAPA 2: Al aperturar la excavación del PA 14852 NE ubicado en el piso inferior se puede observar que el *F.S disminuye a 0.95* en el techo presentando una condición de inestabilidad. (Debido a esfuerzos inducidos remanentes de labores adyacentes)



Etapa 3: Al incorporar sostenimiento en el PA 14852 NE observamos un incremento considerable del F.S, se incrementa a $1.58 > 1$ estable.

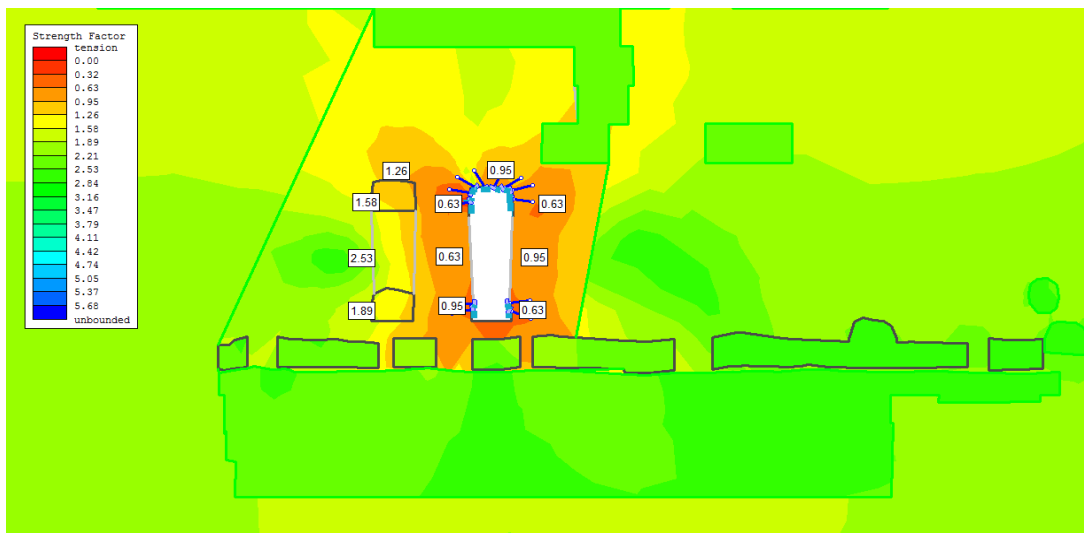


Etapa 4: Al realizar la apertura y excavación del SN 14365 NE ubicado en la parte superior observamos que el $F.S$ es de $0.95 < 1$ inestable.

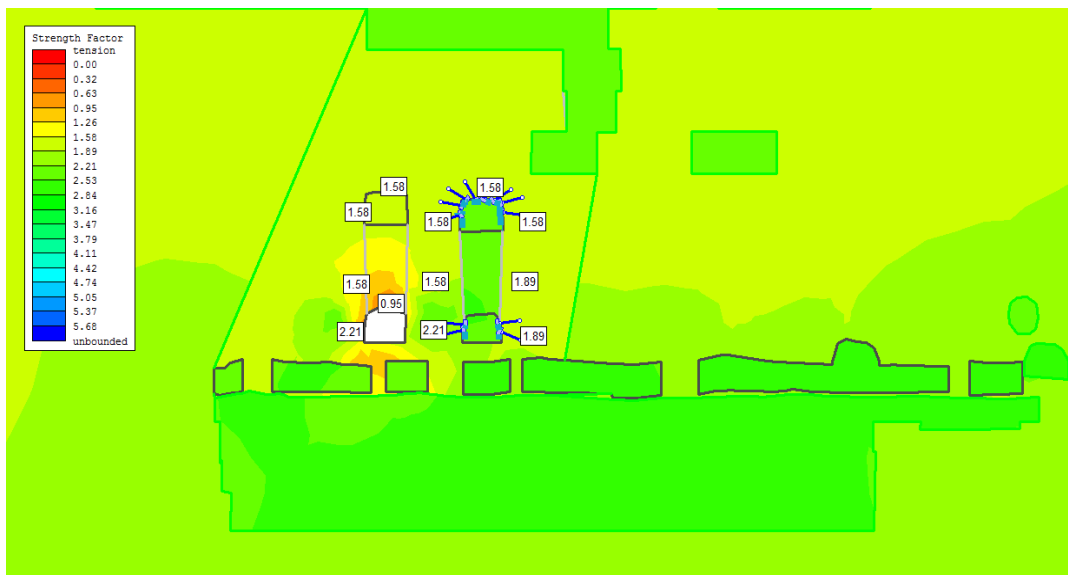


Etapa 5: Al incorporar sostenimiento combinado compuesto por shotcrete, pernos y malla el **F.S incrementa a 1.26 >1** manteniendo las condiciones de **estabilidad**.

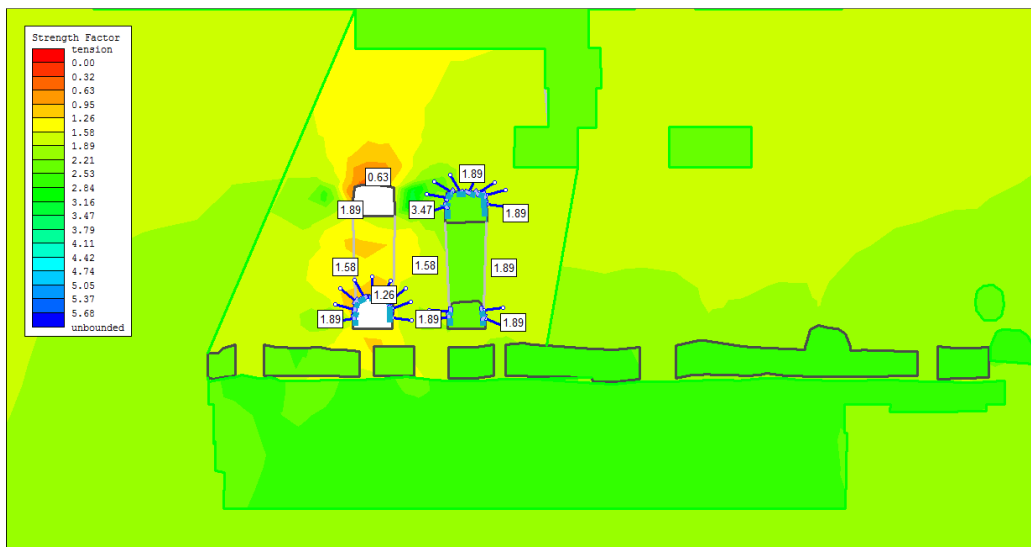
Considerando que luego de que se haya realizado la explotación y limpieza de la primera columna y se proceda a rellenar con relleno hidráulico cementado en proporción 1/6 con fines de conseguir una $R'c$ de 0.4 Mpa y mejorar las condiciones de estabilidad del área explotada, el **F.S** se incrementa a **1.89**.



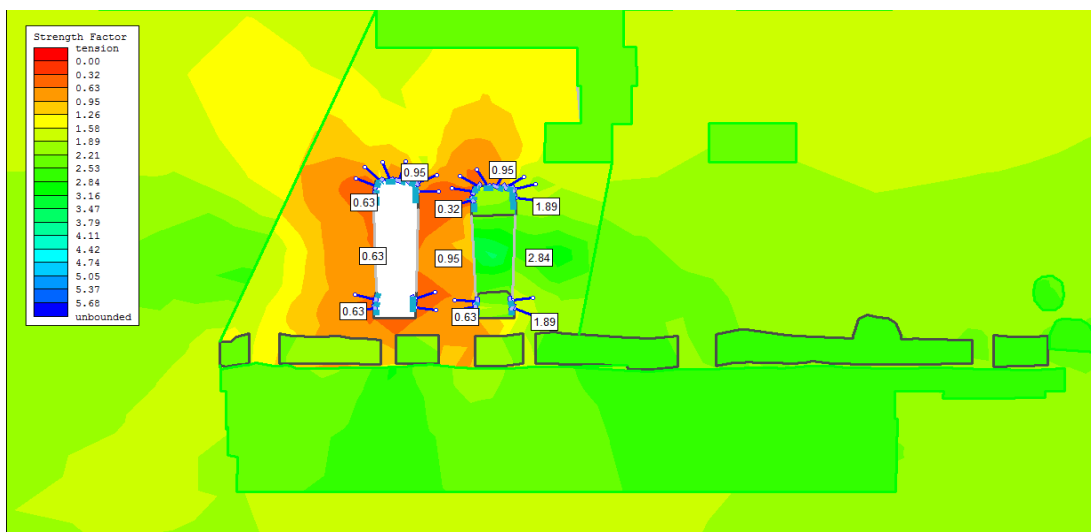
Etapa 6: Considerando que luego de que se haya realizado la explotación y limpieza de la primera columna y se proceda a rellenar con relleno hidráulico cementado en proporción 1/6 con fines de conseguir una $R'c$ de 0.4 Mpa y mejorar las condiciones de estabilidad del área explotada, el **F.S** se incrementa a **1.89**.



Etapa 7: Al incorporar sostenimiento a la labor se observa que el $F.S$ se incrementa a $1.26 > 1$ estable.



Etapa 8: Luego al incorporar sostenimiento combinado compuesto por malla/pernos y shotcrete se logra conseguir el equilibrio límite, el $F.S$ incrementa a $1.26 > 1$ estabilizándose la labor



Etapa 9: Continuando el ciclo de explotación al rellenar la columna con RH 1/6 el *F.S de 1.89* en paredes y 1.58 en el techo, las condiciones de estabilidad del área explotada se mantiene estable.

Resultados

Del análisis desarrollado se puede observar que desarrollando adecuadamente la secuencia de minado y respetando el tiempo de autoaporte y el tiempo oportuno del relleno 1/10 se puede desarrollar la explotación y evitar inestabilidad asociado principalmente al factor influyente que es la presencia de agua, reduciendo significativamente el tiempo de autoaporte y exposición de las excavaciones abiertas.

Sugerencias

Para realizar trabajos de explotación del cuerpo J337A se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Por las características Geomecánicas de la roca encajonante y la mineralización en roca Tipo IIIA con RMR 51, asociado a filtraciones de agua como principal factor influyente, se debe captar los puntos de

ingreso de agua con la finalidad de evitar la desestabilización de la roca circundante y garantizar la explotación del mineral por el método planteado.

- Para conseguir el equilibrio límite y mantener las condiciones estabilidad del área luego de la explotación se recomienda respetar el ciclo de minado priorizando la etapa de relleno hidráulico cementado en proporción 1/10 para conseguir ***R_c*** de ***(0.4 Mpa)*** e incrementar el Factor de Seguridad de las columnas explotadas, se debe sostener con Split set sistemático y respetar las secciones de 4 x 4 m, la limpieza del mineral arrancado debe realizarse oportunamente.

CONCLUSIONES

1. Con el uso del software geomecánico se llega a analizar los sectores inestables con mayor probabilidad de ocurrencia de accidentes por desprendimiento de rocas.
2. Se determinará las características del macizo rocoso in situ con el mapeo geomecánico utilizando los sistemas de clasificación geomecánico de rocas
3. Se considerará según los análisis geomecánicos el principio labor avanzada, labor sostenida.
4. Para la instalación de los pernos se debe considerar las características del macizo rocoso, el diámetro de taladros adecuados, instalación correcta de pernos respetando la malla de sostenimiento
5. Se debe contar con personal capacitado para la aplicación del estudio
6. Considerar las estadísticas y evaluar los indicadores de seguridad de la E.A Cerro S.A.C para el seguimiento de los accidentes por desprendimiento de roca.
7. La aplicación del sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje Split set en los tajeos de producción de la EA. Cerro SAC con roca tipo IIIA si es posible considerando los parámetros de la sección 4x4 m, para reducir accidentes por desprendimiento de roca.
8. El sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje debe ser oportuno según el avance y considerando metro avanzado, metro sostenido, con perforación de avance de 8 a 10 pies.
9. El sostenimiento mecanizado se aplicará considerando el relleno hidráulico cementado de las labores adyacentes ya explotadas.

RECOMENDACIONES

1. Se debe considerar la comunicación de las estadísticas e indicadores de seguridad a todo el personal para que se considere la reducción de accidentes por desprendimiento de roca
2. El área de geomecánica debe evaluar y analizar el macizo rocoso de los tajeos de producción, con los sistemas y softwares geomecánicos para la aplicación de soporte oportuno con pernos de anclaje en roca tipo IIIA
3. Se debe contar con personal capacitado para la aplicabilidad del sostenimiento mecanizado.
4. Se debe respetar el estándar del tajeo de 4x4 metros para el mejor control del macizo rocoso.
5. No se debe avanzar si no cuenta con sostenimiento al tope del frente de avance considerando el principio labor avanzada, labor sostenida.
6. Se debe cumplir la política de la empresa y los cuatro pilares de seguridad por todo el personal involucrado en el proceso de producción de los tajeos.
7. El personal ejecutante de la operación debe realizar el Iperc continuo considerando los riesgos por desprendimiento de roca que debe ser revisado y corregido por toda la supervisión.
8. Se recomienda que toda la supervisión involucrada en el proceso debe comprometerse en la prevención de accidentes cumpliendo la recomendación geomecánica y de seguridad para cumplir con los objetivos alcanzando ser de clase mundial.
9. Se recomienda realizar pruebas Pull Test a los pernos de anclaje Split set al inicio de la explotación de tajeos de producción con roca de tipo IIIA.

BIBLIOGRAFIA

- Acha, G. Mendoza, R. Rickards, M. Porras, J. (2010) Minería en la Historia del Perú. La minería en el Peru antecede antes de la época incaica
- Alonso, E. (2002) “Apuntes de la asignatura de Túneles. Teoría 1ª Parte.:Historia de los túneles”. UPC, E.T.S.E.C.C.P.B. Edición 2002.
- Ángeles, C. (1999).- Los sedimentos cenozoicos de Cerro de Pasco: Estratigrafía, sedimentología y tectónica. Sociedad Geológica del Perú. Vol. Jubilar No. 5, pp. 103-118.
- Barragán, C., 1979, Llalagua-Cerro de Pasco, Un estudio tectónico comparado y consecuencias para la metalogénesis Andina: Boletín de las Sociedad Geológica del Perú, v. 61, p. 27-40.
- Barton, N Lien, R. y Lunden, J. (1974), Engineering Classification of Rock Masses for the Desing of Tunnel Support. Rock Mechanics, Springer Verlag, vol, 6 pp 189 – 236.
- Baumgarther, R. (2007) Sources and Evolution in space and time hydrothermal fluids at the Cerro de Pasco cordilleran base metal deposit, Central Perú. Thése. Docteur, Université de Geneve, section des Sciences de la Terre, Terre and Environnement, 66, 167 p.
- Bieniawski, Z.T. (1989). Engineering Rock Mass Clasificacions. John Wiley and sons, Inc.
- Boit B., (1960) Nuevos datos sobre la geología de la quebrada de Chaupihuaranga (Huanuco). Publ. Mus. Hist. Nat. Javier Prado, ser. C, Geol., 8, p. 1-10. Lima.
- Bowditch, S.I.: The geology and ore deposits of Cerro de Pasco, Peru. Ph.D. Dissertation, Harvard University, Cambridge, unpublished, 160 p. (1935)
- Bustamante Murillo, A. (2008). Geomecánica aplicada en la prevención de pérdidas por caída de rocas mina Huanzalá-Cía. Minera Santa Luisa SA.

- Carrillo, M., Linkimer, L., Rodríguez, A., & Zúñiga, H. (2002). Clasificación geomecánica y análisis estabilidad de taludes del macizo rocoso Coris, Cartago, Costa Rica. *Revista Geológica de América Central*, (26)
- Cheney, E.S.: Cerro de Pasco and other massive sulfide deposits of central Peru. *Geol. Soc. America Abstracts with Programs*, 17:543 (1985)
- Cheney, E.S. 1991. Structure and age of the Cerro de Pasco CuZn-Pb-Ag deposit, Peru. *Mineralium Deposita*, 26(1), 2-10.
- Cit (2005). Pilares de seguridad: Recuperado de <http://www.ilo.org/public/spanish/standards/relm/ilc/ilc93/pdf/rep-iv-1.pdf>
- Cobbing, P. & Pitcher W. (1979) El Batolito costanero en la parte Central del Perú.- *Bol. Estudios. Especiales. Perú* N° 7 ; p. 1-40.
- Corregidor (2015) Sostenimiento mecanizado: Recuperado de <https://prezi.com/1d7opefciby/copy-of-copy-of-sostenimiento-mecanizado/>
- Einaudi, M. (1977). Environnement of ore deposition at Cerro de Pasco, Perú. *Economic Geology*, 76(6): 893-924.
- Fernandez, F. (2012) Sustento técnico para la implementación de la tabla geomecánica en la E.A. Cerro S.A.C.
- FREMM (2007) Medidas de Prevención Recuperado de http://www.fremm.es/riesgoslaborales/autonomos/que_es_la_planificacion.html
- Giraldo, M., & Badillo, J. (2015). Implicancias técnicas y económicas de los accidentes mortales en la minería peruana. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica*, 18(35).
- Helfgott F. (2009) Apuntes sobre la historia de Pasco y su relación con la minería.
- Hoek, E. 1994. Strength of rock and rock masses, *ISRM News Journal*, 2(2):4-16

- HOEK, E. y BROWN, T. (1988).: “Practical Stimates of Rock Mass Strength”.
International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 34, No.
8, pp 1165-1186.
- ISEM (2012) Pernos de anclaje Recuperado de
<http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/caracteristicas-de-los-pernos-de-roca/>
- Jenks, W, F., (1951) Triassic to Tertiary stratigraphy near Cerro de Pasco, Peru:
Geol. Soc. America Bull., v. 62, p. 203-220
- Lacy, W.C.: Types of pyrite and their relations to mineralization at Cerro de
Pasco, Peru. Ph.D. Dissertation, Harvard University, Cambridge,
unpublished, 193 p. (1949)
- Medina (2012) Política de la empresa Recuperado de
<https://www.gestiopolis.com/politica-organizacional-concepto-y-esquema-en-la-empresa/>
- Megard, F. (1968) Geología del cuadrángulo de Huancayo Servicio de Geología y
Minería, Boletín 18, 123 p.
- Megard, F. (1978) Étude géologique des andes de Perou Central. Paris: ORSTOM,
Mémoire 86, 310 p.
- M.E.M (2016). Decreto supremo 024-2016-EM
- Ministerio de Energia y Minas (2015). Accidentes Mortales 2017. Recuperado de
http://www.minem.gob.pe/_estadistica.php?idSector=1&idEstadistica=1115
1
- Mc Laughling, D. H. (1924) Geology and physiography of the Peruvian Cordillera,
departaments of Junin and Lima: Geol. Soc. America Bull., v. 35, p. 591-
632

- OIT (1998). Estadística de seguridad Recuperado de
<http://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/statistics-overview-and-topics/safety-and-health/lang--es/index.htm>
- Olivares, J. (2015). Estadísticas de Seguridad E.A. Cerro S.A.C.
- Pardo Ferrer, L. A. (2014). Prevención de caída de rocas como medida de seguridad en Mina San Cristóbal.
- Rodríguez, R. Cueva, E. y Carlotto, V. (2011).- Geología del cuadrángulo de Cerro de Pasco 22-k
- Rogers, R. D. (1983) Structural and geochemical evolution of a mineralized volcanic vent at Cerro de Pasco, Perú. Doctoral thesis, University of Arizona, Tucson, 116 p.
- ROSE, D. (1982).: “Revising Terzaghi's Tunnel Rock Load Coefficients”. Proc. 23rd. U.S. Symposium on Rock Mechanics, Berkeley, C.A., AIME, New York, pp 953-960.
- Rivera, N. (1970)) «Geología del distrito minero de Cerro de Pasco,» in Geología de los Yacimientos operados por la Cerro de Pasco Corp., 1° Cong, latinoamer. Geol., Lima, p.12-40.
- Sinadeci (2004) Desprendimiento de rocas recuperado de
http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/pdf/esp/mat_edu/terminologia2010.pdf
- Terzaghi, K. (1943). “Theoretical Soil Mechanics”. Wiley, New York, p 66.
- Undac (2105). Tajeos de producción Recuperado de
<https://es.slideshare.net/skill93/introduccion-a-la-mineria>
- Valdivieso Guzman, L. A. (2003). *Seguridad e higiene minera en la compañía minera Caylloma SA* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas).

Volcan Compañía Minera S.A.A (2015) Recuperado de <http://www.volcan.com.pe/>

WICKHAM, G.E., TIEDEMANN, H.R. y SKINNER, E.H. (1972).: “Support Determination Based on Geological Predictions”. Proceedings Rapid Excavations and Tunneling Conference. AIME, New York, pp 46-64.

Wilson, J. (1963) Cretaceous stratigraphy of Central Andes of Perú. AAPG Bulletin, 47(1):1-34

ANEXOS

Anexo 1

Procedimiento de la delimitación con base de roca tipo III

PROCEDIMIENTO DE LA DELIMITACION DEL CONOCIMIENTO

Reducción de accidentes por desprendimiento de roca utilizando sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en roca tipo III en la EA. Cerro S.A.C.

- Según la clasificación geomecánica en la EA Cerro SAC., se tiene 5 tipos de roca (I, II, III, IV, V), considerando la clasificación de los macizos rocosos según Bieniawski.

- Criterios usados para la clasificación geomecánica, condiciones de tensiones in situ, condición de discontinuidades, condición de resistencia, condición hidrogeológica, presencia de fallas, morfología del terreno, excavaciones circundantes a los tajeos.

- En base a las condiciones del macizo rocoso y el área excavada la relación entre las clasificaciones geomecánicas y el tipo de sostenimiento para tajeos de producción con roca tipo III, se aplica sostenimiento con pernos de anclaje y malla electrosoldada.

- El criterio de investigación considera la aplicación del Software Geomecánico durante la ejecución de los trabajos programados con simulaciones que podrá determinar el análisis de estabilidad.

- Basado en las consideraciones anteriores el tipo de sostenimiento a aplicarse en la mina Cerro de Pasco es la aplicación de sostenimiento mecanizado pernos de anclaje Split set de 7 pies de longitud.

- Según las consideraciones de estudiosos en geomecánica se vale de las herramientas científicas de uso universal como: La Clasificación Geomecánica de Bieniawski de 1989 (RMR), Índice Q de Barton y Índice Geológico de Resistencia (GSI).

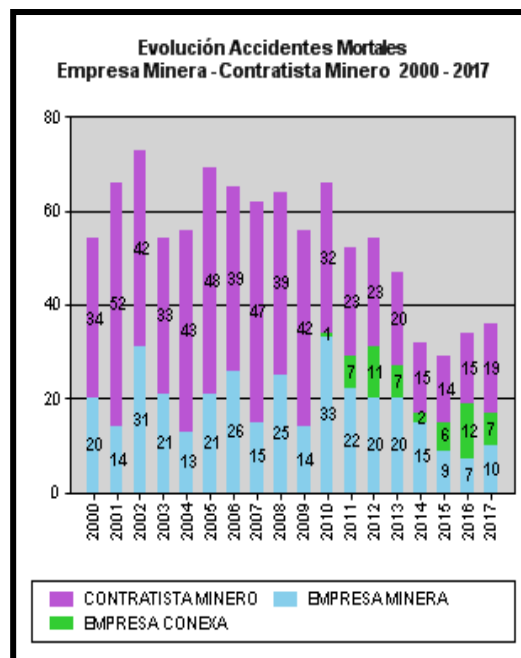
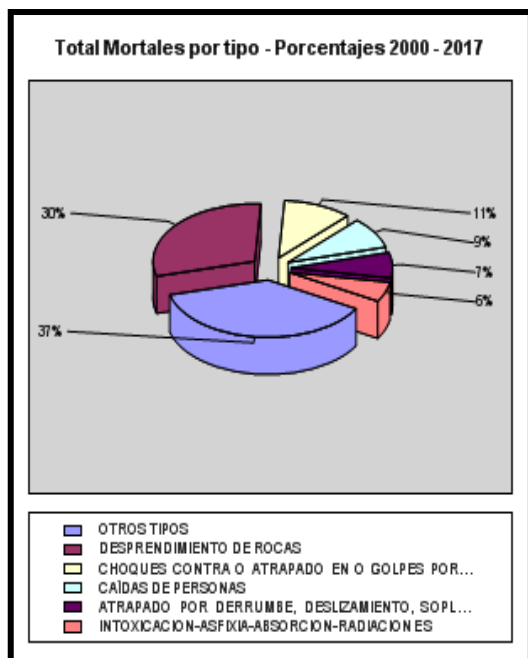
- Con la caracterización geomecánica para los tajeos de producción en la EA Cerro SAC., se tiene roca tipo III, a los análisis realizados con los softwares, mapeos geomecánicos in situ y aplicando las clasificaciones geomecánicas se considera aplicar el sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje Split set para una sección de 4x4 m, con avance de 10' y sostenimiento al tope del frente.

- Para la aplicación del sostenimiento considerar el relleno hidráulico cementado en las labores adyacentes explotadas que permitirán mayor estabilidad e incrementando su Factor de Seguridad en los tajeos de producción de la EA. Cerro SAC.

Anexo 2 Accidentes Mortales (AÑOS 2000 - 2017)







AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	Total
2017	5	5	3	2	6	1	3	4	2	5			36
2016	4	3	3	1	6	2	2	3	4	1	2	3	34
2015	5	2	7	2	0	2	1	2	2	3	3	0	29
2014	6	1	1	1	1	3	7	2	2	0	1	7	32
2013	4	6	5	6	1	4	4	4	5	2	4	2	47
2012	2	6	8	2	4	2	5	5	3	8	4	4	53
2011	4	8	2	5	6	5	4	5	4	5	1	3	52
2010	5	13	1	6	5	9	6	4	3	4	4	6	66
2009	4	14	6	2	3	8	6	4	2	1	4	2	56
2008	12	5	7	6	3	5	6	6	5	3	3	3	64
2007	5	6	7	3	7	6	4	6	5	6	5	2	62
2006	6	7	6	3	6	5	6	5	4	9	4	4	65
2005	3	8	6	6	6	3	5	3	7	5	8	9	69
2004	2	9	8	5	2	9	1	3	4	7	5	1	56
2003	4	8	5	7	5	3	4	5	3	3	4	3	54
2002	20	2	4	6	5	5	4	6	4	8	8	1	73
2001	2	9	5	5	8	3	8	8	4	5	4	5	66
2000	6	4	2	3	3	6	8	0	0	7	8	7	54
Total	99	116	86	71	77	81	84	75	63	82	72	62	968

Información al 18.10.2017



Anexo 3

Tabla Geomecanica E.A. Cerro S.A.C.

 MINA CERRO DE PASCO SOSTENIMIENTO MECANIZADO Ancho de labor: 4 m Altura de labor: 4 m		CONDICION SUPERFICIAL			
A Sin sostenimiento, perno ocasional B Perno helicoidal sistemático espaciados a 1.5 m Perno Split set sistemático espaciados a 1.2 m C Malla + perno helicoidal sistemático 1.5 m Malla + perno Split set sistemático 1.2 m D Shotcrete 2" C/P + perno helic. Sistemático a 1.5 m Shotcrete 2" C/P + perno split set sistemático a 1.2 m E Shotcrete 4" S/P + malla/perno helic. Sistem. a 1.5 m Shotcrete 4" S/P + malla/perno split Sistem. a 1.2 m F Shotcrete 4" S/P + malla/perno + Fe corrugado Cuadros de madera de 12" espaciados a 5 pies G Cuadros de madera de 12" espaciados a 3 pies Cimbras H6" de dos cuerpos espaciados a 1 m		BIENA, MUY RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS. (RC = 100 - 250 MPa) (NO SE ROMPE CON GOLPES DE PICOTA)			
ESTRUCTURA		REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADAS, MANCHAS DE OXIDACION, LIGERAMENTE ABIERTAS. (RC = 80 - 100 MPa) (SE ROMPE CON DOS O MAS GOLPES DE PICOTA)			
 FRACTURADA EN BLOQUES (FB) ROCA FRESCA, BLOQUES GRANDES TRABADOS Y LIMITADOS POR UNO A DOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES CON PLANOS BIEN DEFINIDOS. (RQD = 75 A 90) (1 A 3 FRACTURAS/METRO LINEAL)		FB/B	FB/R	FB/P	FB/MP
 FRAGMENTACION MODERADA (FM) MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA BLOQUES CU-BICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES, (RQD = 50 A 75) (4 A 10 FRACTURAS/METRO LINEAL)		FM/B	FM/R	F/P	FM/MP
 MUY FRACTURADA (MF) MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (RQD = 25 A 50) (11 A 20 FRACTURAS /METRO LINEAL)		MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP
 INTENSAMENTE FRACTURADA (IF) CON PLEGAMIENTOS Y FALLAMIENTOS, CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO TROZOS ANGULOSOS E IRREGULARES (RQD = 0 A 25) (MAS DE 20 FRACTURAS/METRO LINEAL)		IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP
 BRECHADA A TRITURADA (T) MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE FRACTURADA, MEZCLA DE PARTICULAS FINAS Y FRAGMENTOS DISREGGABLES, MATRIZ PLASTIFICADA DE ESTRUCTURA FLUIDAL, PANIZOS Y OXIDOS EN FALLAS. (SIN RQD)		T/B	T/R	T/P	T/MP
		POSIBLE MODERADA, RESISTENTE, MODERADAMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADAS, FRACTURAS ABIERTAS. (RC = 25 - 50 MPa) (SE ROMPE CON UN GOLPE DE PICOTA)			
		MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA, DISCONTINUIDADES) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO PLASTIFICADO DE ROCA TRITURADA. (RC = 5 - 25 MPa) (SE INDENTA MAS DE 5 mm CON LA PICOTA)			

Anexo 4

Política SSOMAC

POLÍTICA SSOMAC

Política de Seguridad, Salud Ocupacional, Ambiente y Calidad



Volcan Compañía Minera S.A.A. y Subsidiarias dedicadas a la exploración, explotación, tratamiento, beneficio de minerales y generación de energía, cumpliendo con los altos estándares de calidad en todas las etapas de sus procesos, está convencida de que las enfermedades ocupacionales y accidentes e incidentes con daño a las personas, ambiente, equipos o instalaciones son evitables.

Bajo este principio la Alta Gerencia lidera todas las actividades en Gestión de Seguridad, Salud Ocupacional, Ambiental y Calidad de manera segura y responsable, respetando a sus colaboradores, clientes, proveedores, visitas, contratistas y comunidades, comprometiéndose a:

- 1** **Identificar, evaluar, controlar los peligros, riesgos, aspectos ambientales y factores de riesgo en todas sus actividades**, estableciendo medidas preventivas y de respuesta a emergencias que garanticen la seguridad, salud de las personas, la integridad del patrimonio, el cuidado del ambiente y calidad.
 
- 2** **Gestionar y proveer** a toda la organización de los recursos requeridos para asegurar el cumplimiento de los compromisos de esta política.
 
- 3** **Educar, capacitar, concientizar y sensibilizar** a todos los colaboradores en el entendimiento de la política, cumplimiento de las normas, objetivos y metas establecidas por la Compañía en relación a la Gestión de Seguridad, Salud, Ambiental y Calidad en el trabajo.
 
- 4** **Buscar la mejora continua de sus procesos productivos, el desempeño en Seguridad, Salud, Ambiente y Calidad** mediante el monitoreo de indicadores y el Sistema de Gestión Integrado.
 
- 5** **Promover la participación y consulta** de los colaboradores y sus representantes en todos los elementos del Sistema de Gestión integrado.
 
- 6** **Cumplir o superar los requisitos legales** relacionados con las actividades de la Compañía en relación a la prevención en Seguridad, Salud, Ambiente y Calidad.
 

Lima, 28 de abril del 2017

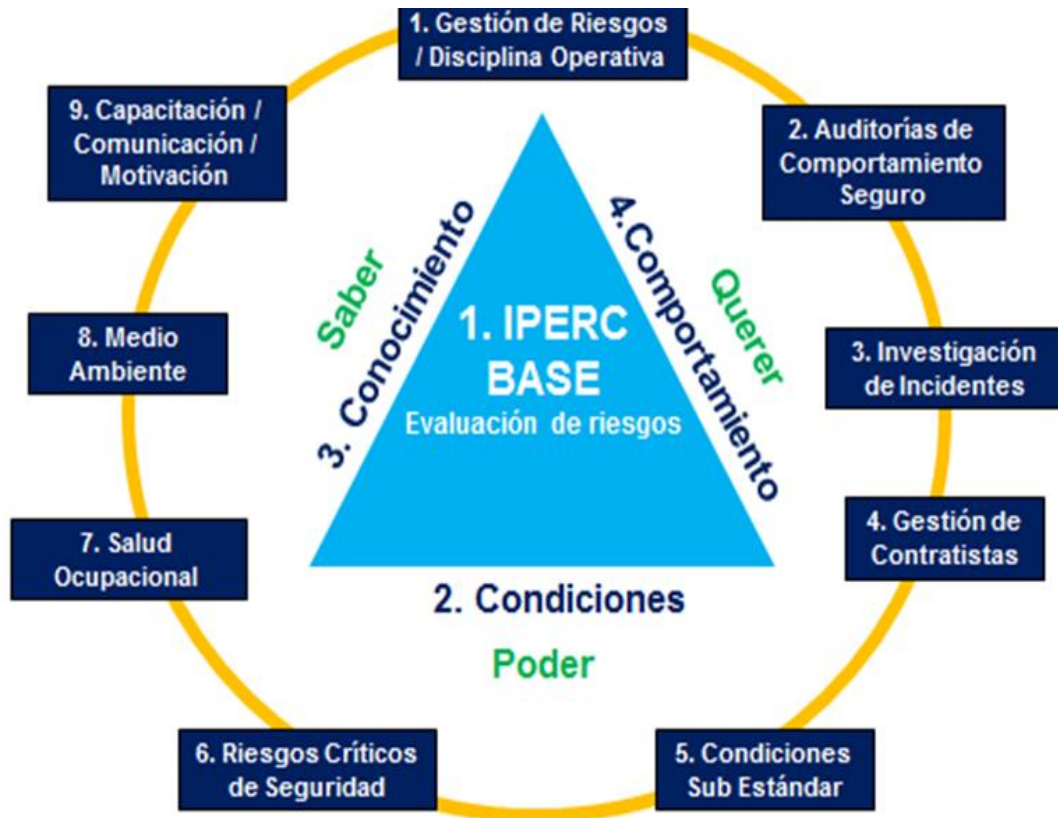
Ignacio Rosado
Gerente General

Roberto Maldonado
Gerente Central de Operaciones















Anexo 5

Pilares de gestión E.A. Cerro S.A.C.



Anexo 6

Control de Riesgos Criticos E.A. Cerro S.A.C.

MATRIZ DE IDENTIFICACION DE LOS RIESGOS CRITICOS														
ITEM	INDICADOR	MINA	BIENES	PROYECTOS	I & P	M&M	SEGURIDAD	ENVIRONMENTAL	LOGISTICA	MANTENIMIENTO	PLANTA	SECTOR O DIVISION	ADMINISTRACION	DESCRIPCION
1		X		X		X	X		X	X	X	X		
2		X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	Objetos pesados (o fragmentos de minas) que caen en áreas en plan de unidades.
3		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
4		X		X	X	X	X	X		X	X			El sistema eléctrico puede fallar en los puntos en las áreas de trabajo de mina.
5		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	En estado de L. Q. Minera existen algunas fallas en las obras de construcción, que pueden ocasionar lesiones a los trabajadores.
6		X	X	X	X	X	X			X	X	X		El nivel eléctrico de las áreas de energía puede ser demasiado alto en las partes de las plantas, al estar en operación.
7		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
8		X		X				X	X	X			X	El sistema eléctrico puede generar chispas al momento de recoger los residuos sólidos, que ocasiona el polvo y deteriora la salud.
9		X	X	X				X	X	X	X			El nivel eléctrico de las áreas de energía puede ser demasiado alto en las partes de las plantas.
10		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Fallas con corriente.
11		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			El nivel eléctrico de las áreas de energía puede ser demasiado alto en las partes de las plantas.
12		X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		El nivel eléctrico de las áreas de energía puede ser demasiado alto en las partes de las plantas.

Anexo 7

Reglas de Oro E.A. Cerro S.A.C.



7 REGLAS DE ORO

- 1 ESTÁNDARES Y PROCEDIMIENTOS** Cumple los estándares, riesgos críticos y procedimientos de trabajo seguro (PETS). Si la tarea es de alto riesgo realizar el permiso escrito para trabajos de alto riesgo (PETAR).
- 2 CAMBIOS DE TAREAS** Cumple solo las funciones para las cuales has sido entrenado, no ejecutes trabajos fuera de tu área de responsabilidad.
- 3 ÁREAS BLOQUEADAS Y SEÑALIZADAS** Respeta las señales de bloqueo, las cintas de seguridad y letreros de señalización pueden salvar tu vida y la de tus compañeros.
- 4 VEHÍCULOS Y EQUIPO MÓVILES** Porta en todo momento tu autorización interna de manejo, es el único documento que te da autorización para manipular equipos y vehículos móviles dentro de la operación.
- 5 USO OBLIGATORIO DEL PARE** Ejerce tu derecho al PARE, si observas una condición insegura que pueda poner en riesgo TÚ integridad, la de tus compañeros o algún equipo. PARA de inmediato la actividad e informa el hecho a un Supervisor.
- 6 BLOQUEO DE ENERGÍAS** Sigue el procedimiento de "Bloqueo de Energías" antes de realizar cualquier trabajo con equipos en movimiento, instalaciones eléctricas, equipo de accionamiento hidráulico o neumático y tuberías de transporte de fluidos.
- 7 ALCOHOL Y DROGAS** El uso de sustancias tóxicas como el alcohol y las drogas pueden poner en riesgo tu vida y la de tus compañeros, En Volcan su tolerancia es CERO.

Para VOLCAN lo más importante eres TÚ



Anexo 8

Características técnicas de Split Set

Perno estabilizador - Frirock (Split Set) PRODAC.



El Frirock es un sistema estabilizador de rocas que actúa o transfiere su carga por fricción; consiste en un tubo ranurado longitudinalmente, con un extremo cónico para ser insertado en la perforación. El otro extremo lleva un anillo soldado que sirve para sujetar la planchuela de acero.

Aplicaciones y usos

- Excavaciones subterráneas.
- Estabilización de taludes en obras de superficie.

Ventajas

- Su simple diseño permite una fácil instalación a bajo costo y no requiere de ajustes.
- Fácil inspección visual de su comportamiento.
- Actúa sobre el macizo rocoso inmediatamente después de su instalación.
- Se obtiene una transferencia de carga en toda su longitud.
- Permite el drenaje de agua que provienen de paredes y techos de las labores mineras.
- No requiere de torque ni rotación.
- Ejerce una fuerza axial y radial sobre la roca.
- Fácil instalación con mallas.

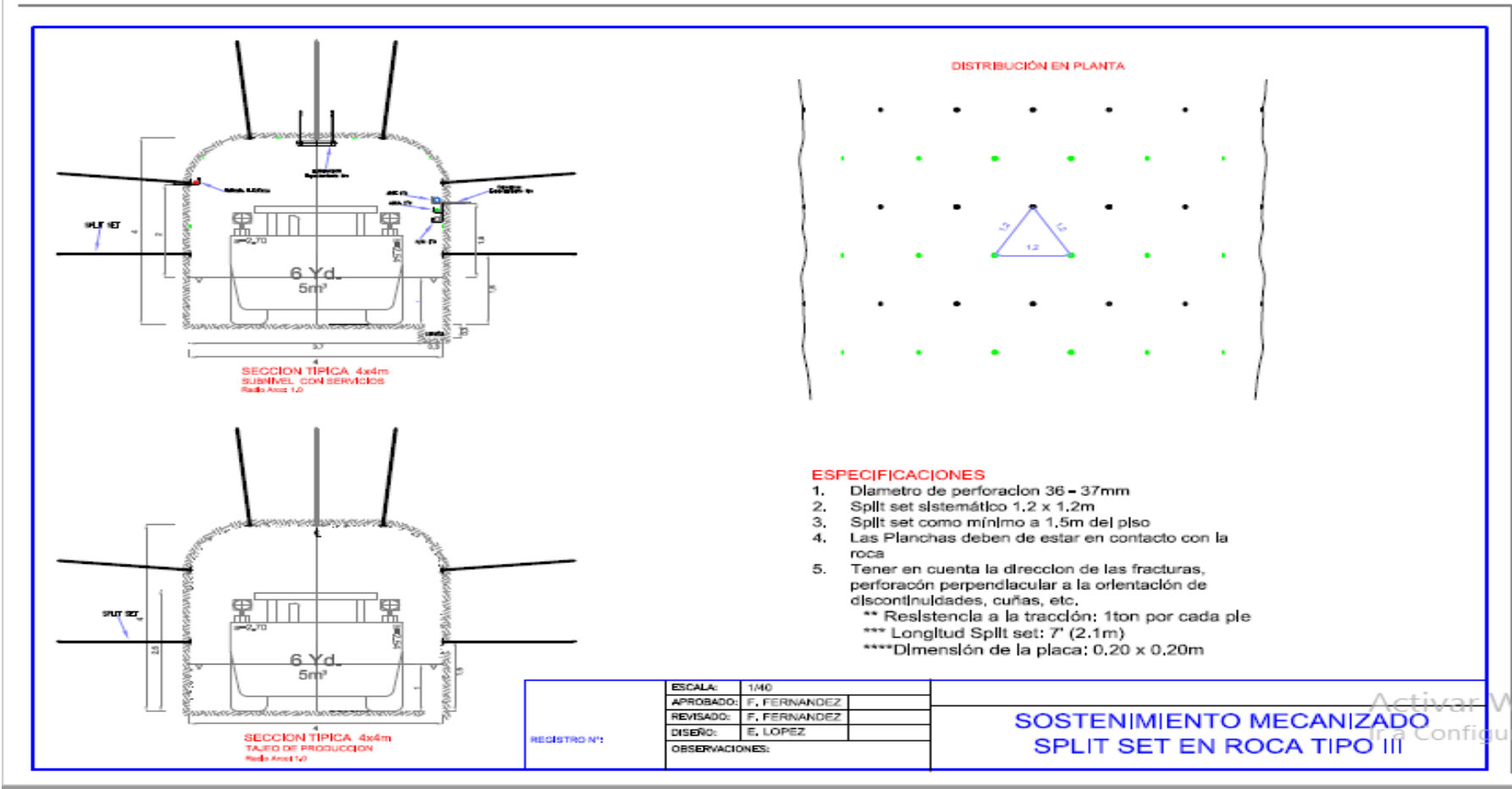
Especificaciones Técnicas

DESCRIPCIÓN	FR 39	FR 46
LONGITUD (M)	HASTA 3.0	HASTA 3.2
Diámetro exterior tubo (mm)	39.5 mm +/- 0.5	46.5 mm +/- 0.5
Espesor mínimo tubo (mm)	2.3	3.0
Diámetro anillo (mm)	8.0	8.0
Grado de acero Frirock	ASTM A 1011 Clase 1	ASTM A 1011 Clase 1
Grado de acero planchuela	ASTM A 36	ASTM A 36
Dimensiones de planchuela (mm)	150 x 150 x 4.5	150 x 150 x 4.5
Límite de fluencia (Mpa)	410	410
Límite de ruptura (Mpa)	520	520
Peso tubo (kg/m)	1.78	2.68

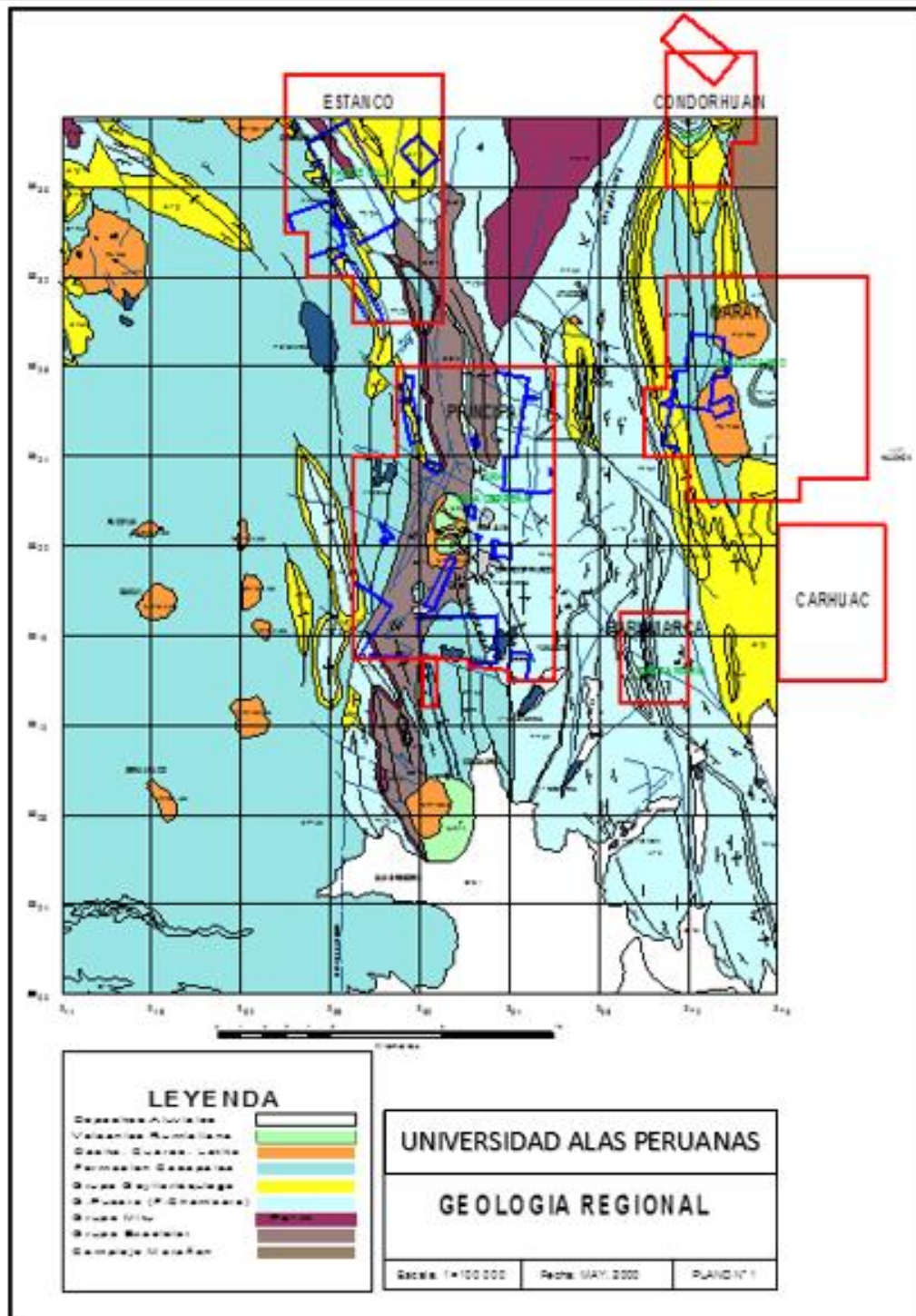
*Cumple con las especificaciones de la norma ASTM F 432

Anexo 9

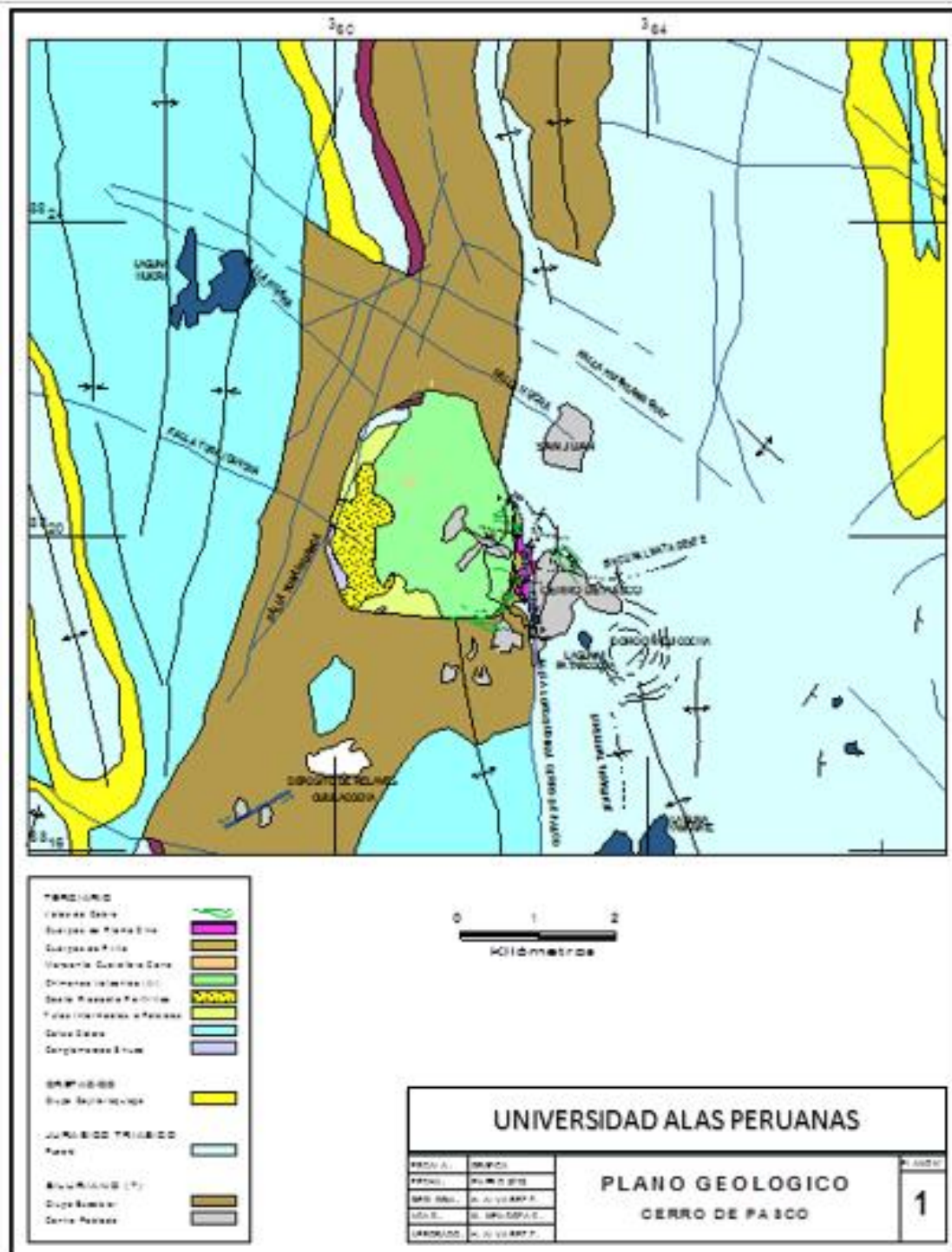
Plano de Sostenimiento con Split set en roca tipo III



Anexo 10
Geología Regional



Anexo 11
Geología Local



Anexo 12

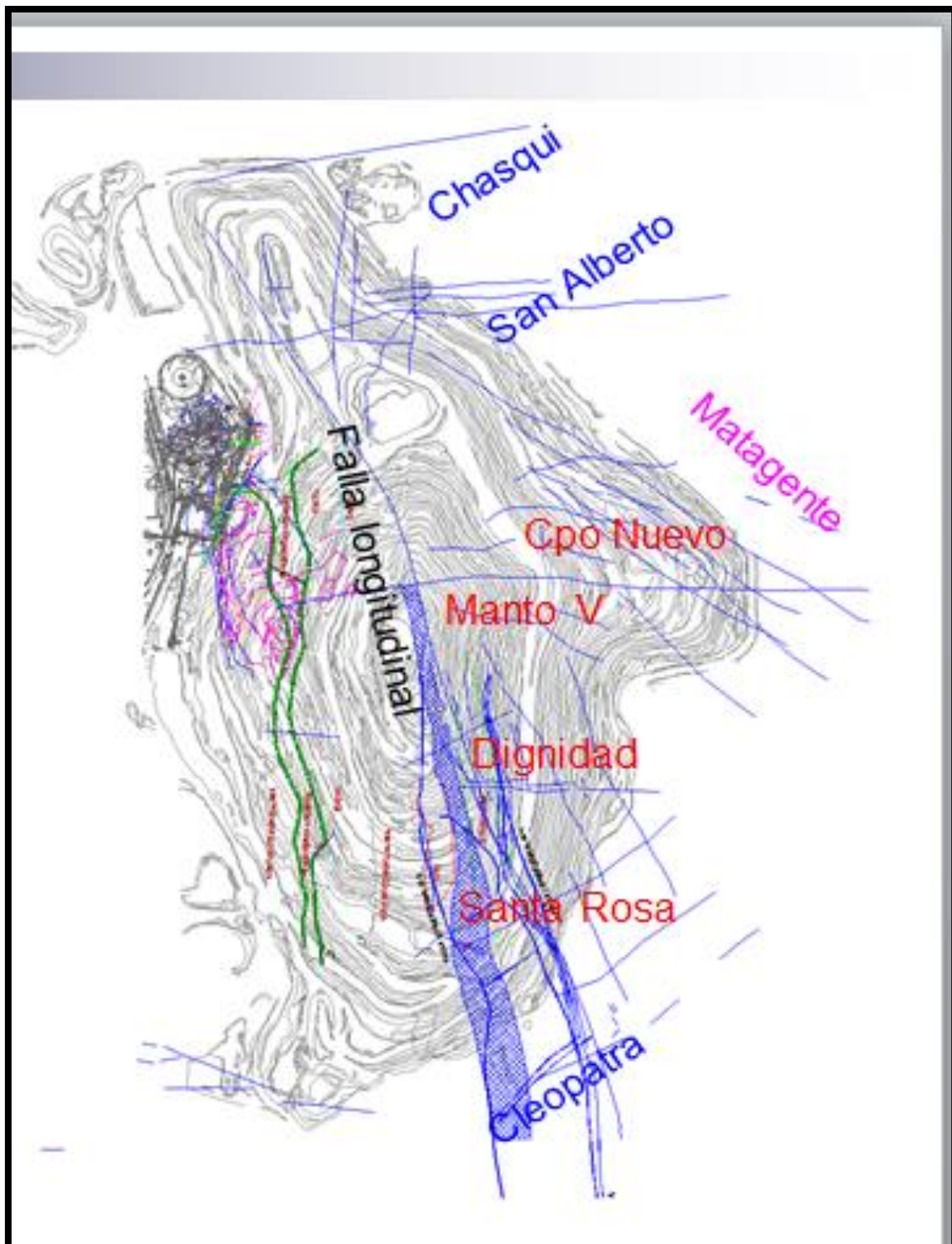
Geología Estructural

TABLA N° 1
Clasificación Geomecánica de Bieniawski

A. Parámetros de clasificación y sus valores

1	RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA σ_c	Bajo carga puntual	> 80 kg /cm ²	40 - 80 kg /cm ²	20 - 40 kg /cm ²	10 - 20 kg /cm ²	< 10 kg /cm ²		
		A compresión simple en kg /cm ²	> 2.000 kg / cm ²	1.000 - 2.000 kg /cm ²	500 - 1.000 kg /cm ²	100 - 250 kg /cm ²	100 -250	30 - 100	10 - 30
VALOR			15	12	7	4	2	1	0
2	R.Q.D.		90 - 100 %	75 - 90 %	950 - 75 %	25 - 20 %	> 25 %		
	VALOR		20	17	13	8	3		
3	ESPECIADO DE LAS JUNTAS		> 3 m	1 - 3 m	0.3 - 1 m	50 - 300 mm	> 50 mm		
	VALOR		30	25	20	10	5		
4	CONDICIÓN DE LAS JUNTAS		Muy rugosas sin continuidad Cerradas, roca labios dura	Ligeramente rugosa. Separación < 1mm. Roca labios dura	Ligeramente rugosa. Separación < 1mm. Roca labios blanda	Espejo de falla o relleno de espesor < 5mm, o abierta 1-5 mm continuas	Relleno blando de espesor > 5mm o abiertas > 5 mm continuas		
	VALOR		25	20	12	6	0		
5	A G U A	FLUJO EN CADA 10 m DE TUNEL	NINGUNO		< 25 l/min	25 - 125 l/min	> 125 l/min		
		RELACION PRESION DEL AGUA TENSION PRINCIPAL MAYOR	0		0 - 0,2	0,2 - 0,5	>0,5		
		CONDICIONES MAYOR TENSION PRAL	Completamente seco		Húmedo agua intersticial	Agua a presión moderada	Agua a presión fuerte		
		VALOR	10		7	4	0		

B. Ajuste de valores por las orientaciones de las juntas

ORIENTACIONES DEL RUMBO Y BUZAMIENTO DE LAS JUNTAS	MUY FAVORABLE	FAVORABLE	REGULAR	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
VALOR	0	-2	-5	-10	-12

C. Determinación de la clase de macizo rocoso

VALOR TOTAL R.M.R.	81 - 100	61 - 80	41 - 60	21 - 40	< 20
CLASE NÚMERO	I	II	III	IV	V
DESCRIPCIÓN	Muy bueno	Bueno	Medio	Malo	Muy malo

D. Significado de las clases de macizos rocosos

CLASE NÚMERO	I	II	III	IV	V
TIEMPO DE MANTENIMIENTO	10 años para 5 m de luz	6 meses para 4 m de luz	1 semana para 3 m de luz	5 horas para 1,5 m de luz	10 minutos para 0,5 m de luz
COHESIÓN	> 0,30 MPa	0,20 - 0,30 MPa	0,15 - 0,20 MPa	0,10 - 0,15 MPa	10 minutos para 0,5 m de luz
ÁNGULO DE FRICCIÓN	> 45°	40° - 45°	35° - 40°	30° - 35°	< 30°

TABLA N° 2

Tablas de valores de los seis parámetros característicos del sistema Q (Barton, Grimstad; Actualización 1994).

1. Calidad del testigo RQD (Rock Quality Designation)		RQD (%)
A	Calidad Muy Mala.	0 - 25
B	Calidad Mala.	25 - 50
C	Calidad Media.	50 - 75
D	Calidad Buena.	75 - 90
E	Calidad Excelente.	90 - 100

Notas:
i) Cuando se obtienen valores del RQD inferiores a 10 (incluyendo el 0), se toma un valor nominal de 10 para calcular el índice Q.
ii) Los intervalos de 5 unidades para el RQD, es decir, 100, 95, 90, etc., tienen suficiente precisión.

2. Índice de diaclasado		J _n
A	Roca masiva, sin diaclasas o con fisuración escasa.	0,5 - 1,0
B	Una familia de diaclasas.	2
C	Una familia y algunas diaclasas aleatorias.	3
D	Dos familias de diaclasas.	4
E	Dos familias y algunas diaclasas aleatorias.	6
F	Tres familias de diaclasas.	9
G	Tres familias y algunas diaclasas aleatorias.	12
H	Cuatro o más familias, diaclasas aleatorias, roca muy fracturada, roca en terrones, etc.	15
J	Roca triturada, terrosa	20

Notas:
i) En intersecciones de túneles, se utiliza la expresión (3 - J_n).
ii) En las bocas de los túneles, se utiliza la expresión (2 - J_n).

3. Índice de rugosidad de las discontinuidades		J _r
a) Contacto entre las dos caras de la discontinuidad.		
b) Contacto entre las dos caras de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante inferior a 10 cm.		
A	Diaclasas discontinuas.	4
B	Diaclasas onduladas, rugosas o irregulares.	3
C	Diaclasas onduladas, lisas.	2
D	Diaclasas onduladas, perfectamente lisas.	1,5
E	Diaclasas planas, rugosas o irregulares.	1,5
F	Diaclasas planas, lisas.	1,0
G	Diaclasas planas, perfectamente lisas.	0,5

Nota:
i) Las descripciones se refieren a caracterizaciones a pequeña escala y escala intermedia, por este orden.

c) No existe contacto entre las caras de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante.		
H	Zona que contiene minerales arcillosos con un espesor suficiente para impedir el contacto de las caras de la discontinuidad.	1,0

c) No se produce contacto entre los planos de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante (reellenos de mineral de gran espesor).			
K L M	Zonas o bandas de roca desintegrada o triturada y arcillas (ver clases G, H, y J para la descripción de las condiciones de las arcillas).	6° - 24°	6, 8, ó 8 - 12
N	Zonas o bandas de arcillas limosas o arenosas, con pequeñas fracciones de arcillas no reblandecibles.	-	5,0
O P R	Zonas o bandas continuas de arcilla, de espesor grueso (ver clases G, H, y J, para la descripción de las condiciones de las arcillas).	6° - 24°	10, 13, ó 13 - 20

Nota:
Los valores expresados para los parámetros J_r y J_n se aplican a las familias de diaclasas o discontinuidades que son menos favorables con relación a la estabilidad, tanto por la orientación de las mismas como por su resistencia al corte (esta resistencia puede evaluarse mediante la expresión: $\tau = \sigma_n \tan^{-1} (J_r/J_n)$).

4. Índice de alteración de las discontinuidades		ϕ , aprox.	J _a
a) Contacto entre los planos de la discontinuidad (sin minerales de relleno intermedios).			
A	Discontinuidad cerrada, dura, sin reblandecimientos, impermeable, cuarzo.	-	0,75
B	Planos de discontinuidad inalterados, superficies ligeramente manchadas.	25° - 35°	1,0
C	Planos de discontinuidades ligeramente alterados. Presentan minerales no reblandecibles, partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcillas, etc.	25° - 30°	2,0
D	Recubrimientos de arcillas limosas o arenosas. Fracción pequeña de arcilla (no blanda).	20° - 25°	3,0
E	Recubrimientos de arcillas blandas o de baja fricción, es decir, caolinita o mica. También clorita, talco, yeso, grafito, etc., y pequeñas cantidades de arcillas expansivas.	8° - 16°	4,0
b) Contacto entre los planos de la discontinuidad ante un desplazamiento cortante inferior a 10 cm (Minerales de relleno en pequeños espesores).			
F	Partículas arenosas, roca desintegrada libre de arcillas, etc.	25° - 30°	4,0
G	Fuertemente sobreconsolidados, con reellenos de minerales arcillosos no blandos (continuos, pero con espesores inferiores a 5 mm).	16° - 24°	6,0
H	Sobreconsolidación media o baja, con reblandecimiento, reellenos de minerales arcillosos (continuos, pero de espesores inferiores a 5 mm).	12° - 16°	8,0
J	Reellenos de arcillas expansivas, es decir, montmorillonita (continuos, pero con espesores inferiores a 5 mm). El valor de J _a depende del porcentaje de partículas con tamaños similares a los de las arcillas expansivas.	6° - 12°	8 - 12

J	Zona arenosa, de gravas o triturada con un espesor suficiente para impedir el contacto entre las dos caras de la discontinuidad.	1,0
---	--	-----

Notas:
i) Si el espaciado de la principal familia de discontinuidades es superior a 3 m, se debe aumentar el índice J_a en una unidad.
ii) En el caso de diaclasas planas perfectamente lisas que presenten lineaciones, y que dichas lineaciones estén orientadas según la dirección de mínima resistencia, se puede utilizar el valor J_a = 0,5.



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



“REDUCCIÓN DE ACCIDENTES POR DESPRENDIMIENTO DE ROCA UTILIZANDO SOSTENIMIENTO MECANIZADO CON PERNOS DE ANCLAJE EN LOS TAJEOS DE PRODUCCION DE LA E.A. CERRO S.A.C”

PRESENTADA POR:
LOPEZ ROJAS, EFRAIN

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE INGENIERO DE MINAS
CERRO DE PASCO – PERÚ

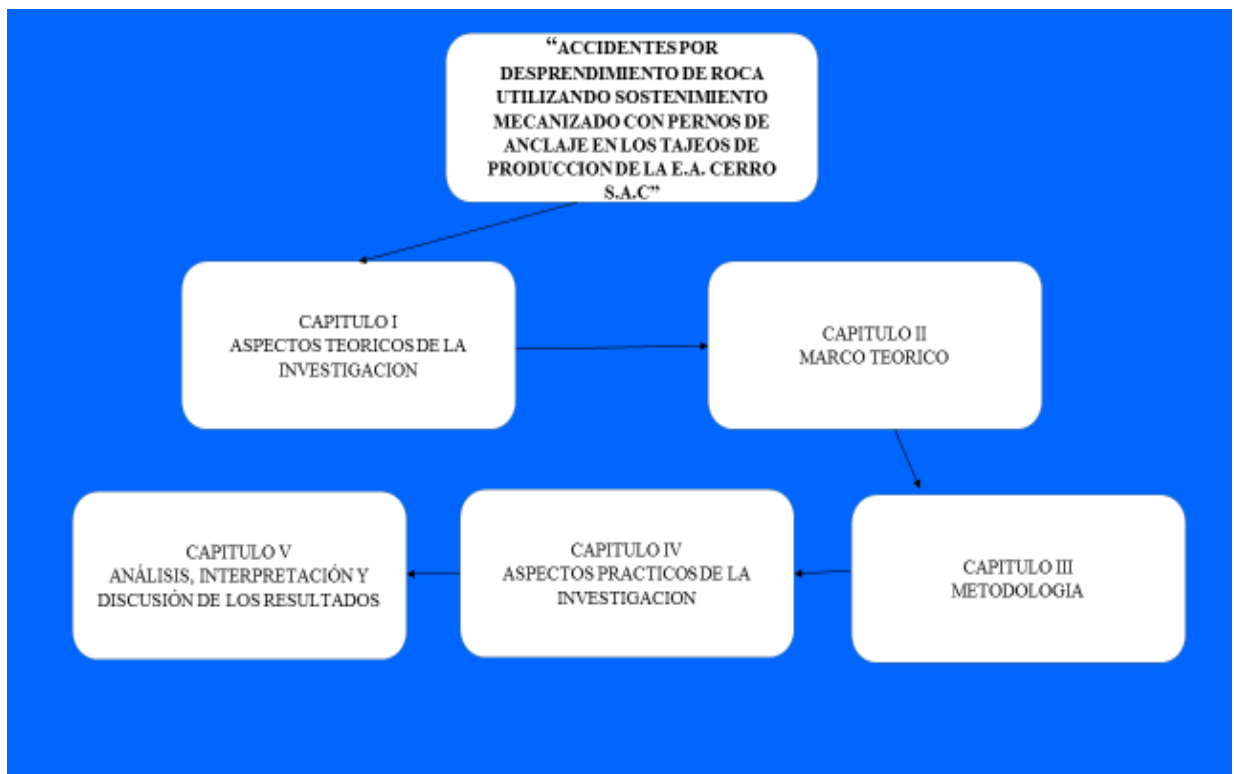
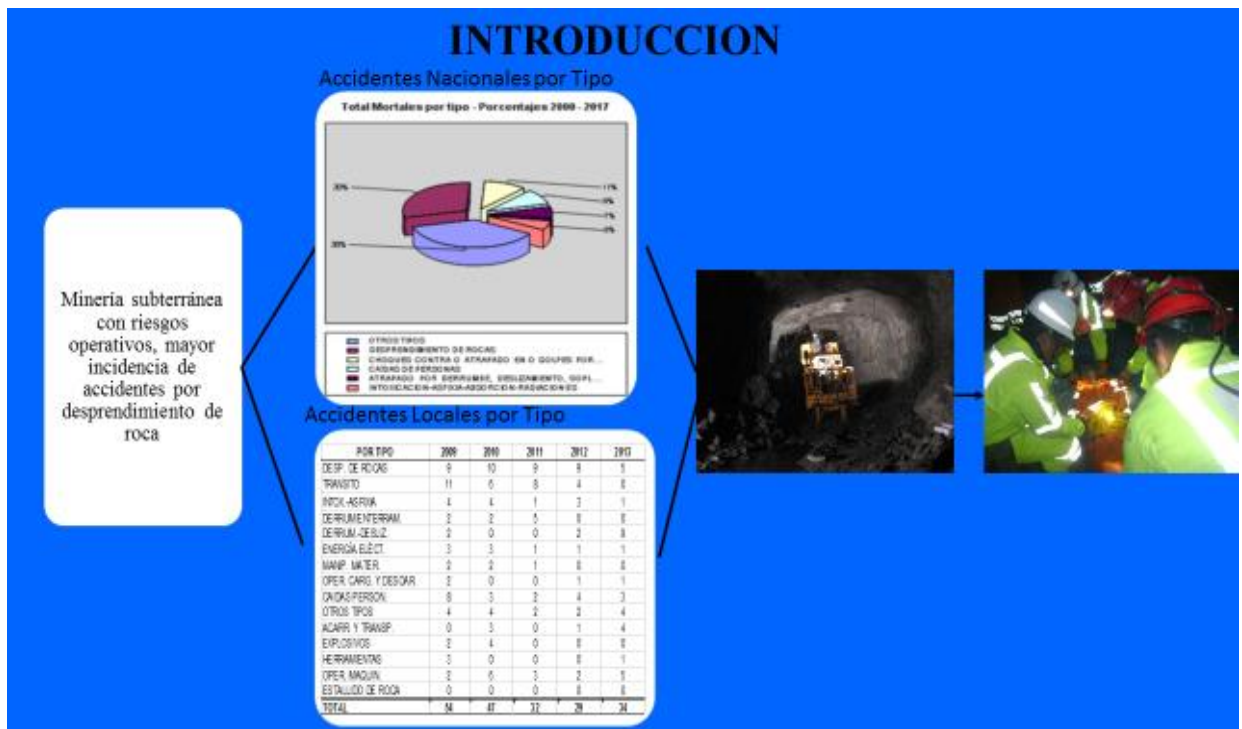
2017



RESUMEN

La E.A. Cerro S.A.C. Productor de minerales polimetálicos, ejecuta la explotación subterránea semi mecanizada por contar con laboreo anteriores circundantes a los tajeos de producción actual, en la que se realiza la recuperación de paneles lo que incrementó el fracturamiento de rocas, por lo que el terreno se comporta con bloques sin adherencia, la geología del terreno, las condiciones ambientales contribuye al **desprendimiento de roca**, generando accidentes que se muestran en las **estadísticas de seguridad** local con referencia de similitud nacional emitida por el M.E.M.

El objetivo para reducir los accidentes en tajeos de producción es aplicar oportunamente **sostenimiento mecanizado** utilizando **pernos de anclaje**, se aplica la investigación de ingeniería correlacional con análisis de estadística enmarcado en el universo E.A Cerro S.A.C., población tajeos de producción y muestra no aleatorio, **Conclusiones**, toma de datos geomecánicos insitu ingresando los datos a los softwares que permitirá brindar parámetros del comportamiento del macizo rocoso, la aplicación del sostenimiento contara con personal capacitado, considerar las estadísticas de indicadores y con seguimiento de accidentes, **se recomienda** comunicar las estadísticas de seguridad a todo el personal, el área de geomecánica debe analizar utilizando el software geomecánico, capacitar al personal, no se debe avanzar si no se tiene sostenimiento al tope. respetar la sección de 4x4 m, cumplir con la política de la empresa, la supervisión de estar involucrada en los controles de sostenimiento y seguridad.



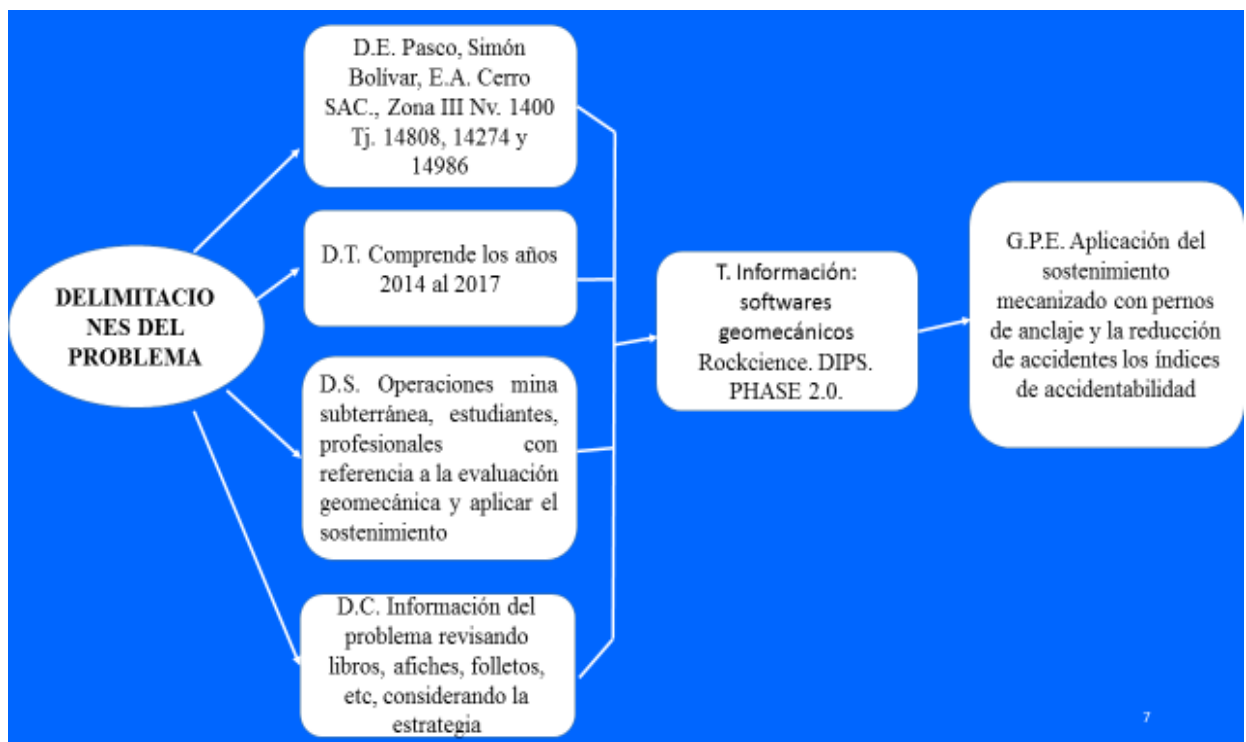
CAPITULO I ASPECTOS TEORICOS PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

5

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Accidentes Mortales (AÑOS 2008 - 2017)												
AÑO	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2008	4	3	3	5	8	2	3	4	1	2	3	24
2009	1	2	1	2	0	2	1	2	2	2	0	28
2010	8	1	1	1	1	3	1	2	0	1	1	22
2011	4	8	3	8	1	4	4	8	2	4	2	47
2012	2	8	8	0	4	2	3	3	8	4	4	33
2013	1	8	2	8	8	7	7	4	2	1	1	22
2014	1	22	1	3	2	8	8	4	3	4	4	68
2015	4	39	8	2	2	8	8	4	2	1	4	78
2016	2	2	7	8	3	2	8	8	3	2	2	64
2017	3	8	4	2	1	8	4	8	3	8	2	62
2018	1	7	4	3	8	3	4	7	8	4	4	65
2019	3	8	8	8	8	2	3	3	1	2	8	68
2020	2	8	3	8	1	1	1	4	1	2	1	28
2021	4	8	2	1	3	2	4	2	2	4	3	28
2022	2	4	8	8	3	4	4	4	2	2	1	72
2023	2	8	8	8	3	8	8	4	3	4	8	68
2024	8	8	2	2	2	4	2	2	1	2	1	24
TOTAL	68	102	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62

6



MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA PRINCIPAL Y ESPECÍFICOS	OBJETIVO PRINCIPAL Y ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS GENERAL Y ESPECÍFICOS
<p>PROBLEMA PRINCIPAL: ¿En que medida se reducirán los accidentes por desprendimiento de rocas utilizando sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción en la mina subterránea E.A Cerro SAC?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS: a) ¿De que manera el sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción reducirán los índices de accidentabilidad por desprendimiento de rocas en la mina subterránea E.A Cerro SAC? b) ¿En que medida el sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción reducirán los índices de severidad por desprendimiento de rocas en la mina subterránea E.A Cerro SAC.?</p>	<p>OBJETIVO PRINCIPAL: Empleando el sostenimiento oportuno se reducirán los accidentes por desprendimiento de rocas utilizando sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción en la mina subterránea E.A Cerro SAC.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: a) Identificar que el sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción reducirán los índices de accidentabilidad por desprendimiento de rocas en la mina subterránea E.A Cerro SAC. b) Determinar que el sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción reducirán los índices de severidad por desprendimiento de rocas en la mina subterránea E.A Cerro SAC.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL: Si se aplica el sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción con roca tipo III, entonces se reducirá accidentes por desprendimiento de roca dentro de la E.A. Cerro S.A.C.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: a) Si se determinan el tipo sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción con roca tipo III, se reducirán los índices de accidentabilidad por desprendimiento de rocas en la E.A Cerro SAC. b) Si se determinan que el sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajeos de producción con roca tipo III, se reducirán los índices de severidad por desprendimiento de rocas en la E.A Cerro SAC.</p>

JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

Justificación

Siendo necesario conocer el comportamiento geomecánico del macizo rocoso y aplicar los conocimientos técnicos de ingeniería, este trabajo de investigación se justifica porque sus resultados permitirán a otras empresas mineras continuar con proyectos similares con el fin de reducir accidentes por desprendimiento de rocas.

Importancia.

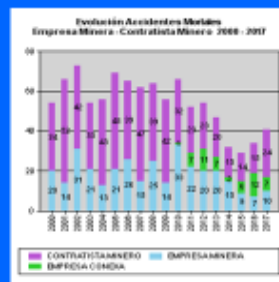
Este trabajo es importante porque haciendo uso de la tecnología de información, se hará extensivo la capacitación teórico-práctico a todos los responsables en el tema de sostenimiento de las diferentes empresas contratistas mineras que realizan las actividades de explotación; así como también a los supervisores y a los trabajadores para tener resultados más satisfactorios en la reducción de accidentes por desprendimiento de rocas y generar mayor cultura de prevención.

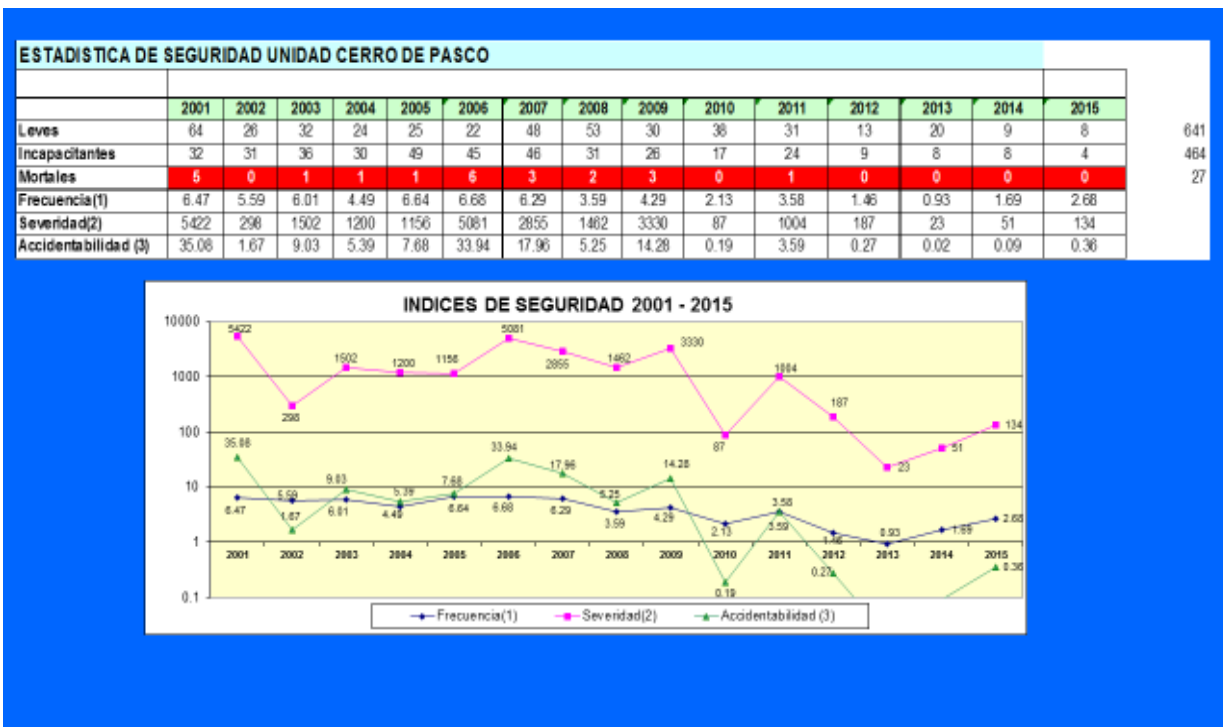
CAPITULO II MARCO TEORICO

Accidentes Mortales

(AÑOS 2000 - 2017)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.	Total
2017	5	5	3	2	6	1	3	4	2	8	0	2	41
2016	4	3	3	1	6	2	2	3	4	1	2	3	34
2015	5	2	7	2	0	2	1	2	2	3	3	0	29
2014	6	1	1	1	1	3	7	2	2	0	1	7	32
2013	4	6	5	6	1	4	4	4	5	2	4	2	47
2012	2	6	8	2	4	2	5	5	3	8	4	4	53
2011	4	8	2	5	6	5	4	5	4	5	1	3	52
2010	5	13	1	6	5	9	6	4	3	4	4	6	66
2009	4	14	6	2	3	8	6	4	2	1	4	2	56
2008	12	5	7	6	3	5	6	6	5	3	3	3	64
2007	5	6	7	3	7	6	4	6	5	6	5	2	62
2006	6	7	6	3	6	5	6	5	4	9	4	4	65
2005	3	8	6	6	6	3	5	3	7	5	8	9	69
2004	2	9	8	5	2	9	1	3	4	7	5	1	56
2003	4	8	5	7	5	3	4	5	3	3	4	3	54
2002	20	2	4	6	5	5	4	6	4	8	8	1	73
2001	2	9	5	5	8	3	8	8	4	5	4	5	66
2000	6	4	2	3	3	6	8	0	0	7	8	7	54
Total	99	116	86	71	77	81	84	75	63	85	72	64	973





Clasificación Geomecánica de la mina E.A Cerro S.A.C

En la mina de Cerro de Pasco se tiene 5 tipos de Roca:

Roca tipo I.- En pequeñas dimensiones, con RMR entre 81 y 90, resistencia a la compresión encima de 100 MPa considerado Su GSI es Masivo/Bueno (M/B) a Fracturado/Bueno (F/B)

Roca tipo II.- En calizas, dolomías y en piritas fracturada. Su RMR varía de 61 a 80, su resistencia a la compresión varía de 40 a 100 MPa, en algunos casos tiene 110 MPa. Su GSI es Fracturado/Pobre (F/P)

Roca tipo III.- Calizas y dolomías alteradas, en piritas alteradas y muy fracturadas y en rocas volcánicas en general. Su RMR varía de 41 a 60, la resistencia a la compresión de la roca intacta es muy variable, desde los 24 MPa hasta 100 MPa, Su GSI es Fracturado/Muy Pobre (F/MP)

Roca tipo IV.- calizas, dolomías y piritas muy alteradas, en rocas volcánicas alteradas y muy fracturadas, generalmente presentan en sus fracturas rellenos de panizos, brechas o piritas finamente triturada. Su RMR varía de 31 a 40, la resistencia a la compresión es muy variable desde 15 MPa a 80 MPa, Muy Fracturado/Muy pobre (MF/MP)

Roca tipo V.- calizas y dolomías descompuestas conformando brechas y panizos, piritas friables, brechadas o finamente trituradas Su RMR varía de 1 a 20, la resistencia a la compresión es variable desde 2 MPa hasta 14 MPa. Su GSI es Intensamente Fracturado/Pobre (IF/P)

CLASIFICACIÓN DE MACIZOS ROCOSOS SEGUN BIENIAWSKI		
INDICE RMR	ROCA TIPO	COLOR
81 a 100	I	
61 a 80	II	
41 a 60	III	
21 a 40	IV	
01 a 20	V	

Crterios usados para la clasificaci3n Geomec3nica

Estos procesos influyeron en las caracteristicas geomec3nicas del macizo rocoso en el que se desarrollan todas nuestras actividades subterr3neas, entre las cuales est3n:

- Condici3n de tensiones, tanto in-situ (es decir, de pre-minado), como inducidas en el contorno de las cavidades minadas.
- Condici3n de discontinuidades (fallamientos, estratificaci3n y fracturamiento, y su orientaci3n con respecto a las cajas y techo de las excavaciones).
- Condici3n de resistencia (grado de alteraci3n, rellenos, formas de las paredes de las discontinuidades y aberturas).
- Condici3n hidrogeol3gica.

A su vez, estas condiciones influyen en la metodolog3a de excavaci3n en las labores de extracci3n y desarrollo que deben aplicarse en la mina. La condici3n de tensiones inducidas est3 dada por:

- Presencia cercana de fallas, plegamientos o intrusiones.
- Morfolog3a del terreno, (condiciones superficiales moderadas, profundas, taludes escarpados).
- Excavaciones circundantes, las que incrementan significativamente las tensiones inducidas en el contorno de cavidades importantes, lo que puede generar concentraciones de tensiones que superen a la resistencia de la roca, con su ulterior colapso.

La condici3n de discontinuidades est3 controlada por:

- Orientaci3n y sistemas de las mismas.
- Espaciamiento y persistencia.

CLASIFICACIONES GEOMECANICAS

Los m3todos m3s destacados son: Terzaghi (1,946), Lauffe (1,958), Deere (1,969), Wickham (1,972), Bieniawski (1,973) y Barton (1,974), con sus diferentes modificaciones posteriores, siendo los de mayor uso, la clasificaci3n geomec3nica seg3n el Indice RMR (Bieniawski) y seg3n el Indice Q (Barton), los mismos que se definen en forma resumida a continuaci3n. Es tambi3n interesante se3alar que a partir de la Clasificaci3n de Laubscher se ha formulado una variante de orientaci3n minera muy difundida en la actualidad, Indice G.S.I. (Geological Strength Index). Hoek (1994). Indice de Resistencia Geol3gica.

Estimados de Sostenimiento utilizado en labores de la E.A. Cerro S.A.C.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIFERENTES TIPOS DE SOSTENIMIENTO			
ROCA TIPO	LABORES PERMANENTES	LABORES TEMPORALES	TAJOS DE EXPLOTACI3N
	Galer3as, Subcuerpos y rampas	Preparaci3n, Ventanas, Acceso y Paneles	C3maras, galer3as
I	Pierros helicoidales ocasionales, s3o donde haya cu3as o le3as con riesgo de desprendimiento.	Spl3 set ocasional donde haya cu3as o le3as con riesgo de desprendimiento.	Spl3 set sistem3tico espaciado a 1.50 m. seg3n el RMR.
II	Pierros helicoidales ocasionales y/o sistem3ticos espaciado a 1.50 m. seg3n el RMR.	Spl3 set ocasional y/o sistem3tico espaciado a 1.20 m. seg3n el RMR.	En c3maras de secci3n 10 m. x 5 m. pierros helicoidales sistem3ticos a 1.50 m. x 1.5 m. o spl3 set sistem3tico espaciado a 1.20 m. x 1.20 m. seg3n el RMR de la zona.
III	Malla electro soldada con pierros helicoidales sistem3ticos espaciados a 1.50 m. desde la l3nea de gradiente.	Malla electro soldada con spl3 set sistem3tico espaciado a 1.20 m. desde la l3nea de gradiente.	En c3maras de secci3n 5 m. x 5 m. Malla electro soldada con spl3 set sistem3tico espaciado a 1.20 m. x 1.20 m.
IV	- Shotcrete de 2 pulgadas de espesor con fibra met3lica m3s pierros helicoidales sistem3ticos espaciado a 1.50 m. - Malla electro soldada con pierros helicoidales espaciado a 1.50 m. m3s shotcrete sin fibra. - C3rculos en perfiles H espaciados a 1.50 m para llenos con RMR 21 a 30. C3rculos circulares espaciados a 1.00 m.	- Shotcrete de 2 pulgadas de espesor con fibra met3lica m3s spl3 set sistem3tico espaciado a 1.20 m. - Malla electro soldada con spl3 set sistem3tico espaciado a 1.20 m3s shotcrete sin fibra. - Cuadros de madera espaciados a 1.00 metros para RMR 21 a 30.	- Shotcrete de 2 pulgadas de espesor con fibra met3lica m3s spl3 set sistem3tico espaciado a 1.20 m. - Malla electro soldada con spl3 set sistem3tico espaciado a 1.20 m3s shotcrete sin fibra. - Cuadros de madera espaciados a 1.00 metros para RMR 21 a 30. Para secciones de 4 x 4 m.
V	Para secciones de 4 x 4 m o 3.0 x 3.0 m. - C3rculos de 22 cu3pos en perfiles H espaciados a 1.00 m.	Para secciones de 4 x 4 m o 3.0 x 3.0 m. Cuadros de madera asentada espaciados a 1 m. Cuadros de madera con rebordo de 10" x 10"	Para secciones de 4 x 4 m o 3.0 x 3.0 m. Cuadros de madera asentados espaciados a 1 m. - Cuadros de madera con rebordo de 10" x 10" espaciados a 1 m.

Conceptualización de la variable: Reducción de Accidentes

Indicadores estadísticos de seguridad al 2015

Permitirá la evaluación de indicadores de seguridad y brindará información a las autoridades pertinentes según los requerimientos de Ley. Se realizó las formulas de índices para la Frecuencia, Severidad y Accidentabilidad.

M.E.M (2016). Decreto supremo 024-2016-EM

Índice Frecuencia de Accidentes: Número de accidentes mortales e incapacitantes por cada millón de horas hombre trabajadas. Se calculará con la formula siguiente:

$$IF = \frac{N^{\circ} \text{ de accidentes} \times 1'000,000}{\text{Horas hombre trabajadas}} \quad (N^{\circ} \text{ Accidentes} = \text{Incapacitante} + \text{Mortales})$$

Índice de Severidad: Número de días perdidos o cargados por cada millón de horas - hombre trabajadas. Se calculará con la fórmula siguiente:

$$IS = \frac{N^{\circ} \text{ días perdidos o cargados} \times 1'000,000}{\text{Horas hombre trabajadas}}$$

Índice de Accidentabilidad: Una medición que combina el índice de frecuencia de lesiones con tiempo perdido (IF) y el índice de severidad de lesiones (IS), como un medio de clasificar a las empresas mineras.

Es el producto del valor del índice de frecuencia por el índice de severidad dividido entre 1000

$$IA = \frac{IF \times IS}{1000}$$

Política de la Empresa Compromiso de la alta gerencia que lidera la gestión de preservar la integridad física de sus trabajadores y la preservación del medio ambiente.

Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional E.A Cerro S.AC. Tiene comprometido la aplicación, mantenimiento y mejora del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional con la finalidad de reducir los accidentes de trabajo.

IPERC es una herramienta de gestión que sirve para establecer e implementar el proceso de gerenciamiento del riesgo

IPERC BASE, IPERC ESPECIFICO, IPERC CONTINUO y Evaluación de Riesgos

Control de Riesgos Críticos. se han establecido 12 riesgos críticos (RRCC) para los cuales se ha elaborado sus estándares correspondientes.

Controles: Los controles son herramientas de gestión preventivas, no son para aplicar sanciones a los trabajadores, son para corregir desviaciones

Análisis de trabajo seguro, Estándares, procedimientos e instrucciones de trabajos, Permiso escrito de trabajo de alto riesgo "PETAR", Inspecciones de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, Reglas de Oro.

Política PARE. Da autonomía al trabajador de no laborar (**parar sus actividades**) cuando las condiciones de inseguridad y comportamientos de riesgo atenten contra su salud y su vida.

Conceptualización de la variable: Sostenimiento

Factores Influyentes que provocan Cambio Estructural

El macizo rocoso de la mina Cerro de Pasco tiene una complejidad en su comportamiento estructural debido a los trabajos de explotación el macizo rocoso ha sufrido perturbación incrementándose la acción de los esfuerzos inducidos, por tal razón se presentan cambios de resistencias a la compresión y al corte por las consideraciones siguientes:

Paneles en recuperación Originalmente el macizo mineralizado ha sido caracterizado como roca tipo I ó II luego fue explotado bajo estas condiciones, posteriormente se ha procedido al relleno de estos espacios vacíos con material detrítico de préstamo llamado Unish.

Efectos de la filtración de agua

Tanto por la distribución provocada por la explotación así como por la filtración de aguas subterráneas, el macizo rocoso varía su comportamiento de tal manera que disuelven los materiales cementantes de los rellenos de fractura al descomponerse los minerales higroscópicos conformantes de la roca intacta (Terrenos con material volcánico) o ejercen presión sobre los planos de fractura provocando desplazamientos y deslizamientos.

Tipos de Sostenimiento

Basado en las consideraciones anteriores los tipos de sostenimiento a aplicarse en la mina Cerro de Pasco son los siguientes:

Elementos de Refuerzo Temporal

- a. Pernos de fricción Split Set
- b. Malla **electrosoldada**
- c. Shotcrete
- d. Columnas Circulares
- e. Cuadros de madera
- f. Cimbras metálicas

VARIABLES E INDICADORES

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERATIVA	INDICADORES
X=Sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en los tajos de producción.	Realizar sostenimiento mecanizado en labores de producción con sostenimiento conformado por pernos helicoidales e split set, para reducir los accidentes por desprendimiento de rocas con disminución en los índices de seguridad.	Esta referido a la aplicación del sostenimiento mecanizado utilizando pernos de anclaje	A. Indicadores <ul style="list-style-type: none"> a) Resistencia de la matriz rocosa b) Tabla geomecánica c) Soporte mediante anclajes B. Índices <ul style="list-style-type: none"> - Clasificación Geomecánica de Bieniawski RMR - Clasificación Q-Barton - Aberturas Máximas - GSI
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERATIVA	INDICADORES
Y= Reducción de Accidentes por desprendimiento de rocas	El costo es fundamentalmente un concepto económico, que influye en el resultado de la empresa.	Esta referido al seguimiento de las estadísticas de seguridad para medir los tipos de accidentes	Indicadores <ul style="list-style-type: none"> a. Estadísticas de Seguridad Índices. <ul style="list-style-type: none"> - Índice Frecuencia, - Índice de Severidad, - Índice de Accidentabilidad.

CAPITULO III: METODOLOGIA

TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

Tipo de investigación.

El tipo de investigación es tecnológica y aplicada a la minería subterránea con el fin de aplicar el sostenimiento de refuerzo mecanizado en tajeos de producción, para reducir accidentes por desprendimiento de rocas.

Nivel de investigación.

La investigación se ubica dentro del nivel de ingeniería correlacional que involucra a dos variables: una de ellas que influye en la otra.

Método de la investigación.

Para la cobertura de la investigación se trata de realizar un análisis estadístico enmarcado en el universo, población y/o muestra.

Diseño de la investigación.

Se tendrá cuidado de realizar la evaluación por el ingeniero de geomecánica "insitu" para la elección del tipo de sostenimiento a utilizar garantizando las condiciones operativas y de seguridad para el bienestar de los trabajadores y la consecuente reducción de accidentes.

COBERTURA DE ESTUDIO

Universo.

Con la información disponible de los análisis y las características litológicas del terreno efectuado; se ha procedido a clasificar y zonificar el macizo rocoso del área proyectado para la producción y avances para el año 2015 (Plan anual de Minado) en la EA. Cerro SAC., para los años siguientes.

Población.

Se realizó en la zona III Nivel 1400, la población en estudio es Tajeo 14808 W del cuerpo CNA XN del Nivel 1400, Tajeo 14274 W – del Cuerpo J337A, Piso 17 del Nivel 1400 y el Tajeo 14986 N. Piso 11, del Cuerpo CNA S, del Nivel 1400 con una cantidad de 120 split set en cada tajeo que serán instalados como sostenimiento para el proceso de explotación.

Muestra

Se desea saber de una población de 360 pernos Split set que serán instalados en los tajeos y se decide hacer una muestra de 12 pernos para determinar la aplicabilidad correcta en toda la población.

Muestreo

Se aplica el muestreo no aleatorio con punto de partida intencional y por conveniencia del tajeo 14808 del 1 al 3, del tajeo 14274 del 4 al 8 y en el tajeo 14986 del 9 al 12, considerando que los avances en los tajeos no llegan al planificado de 25 metros inmediatamente.

CAPÍTULO IV ASPECTOS PRÁCTICOS DE LA INVESTIGACIÓN			
GEOLOGIAREGIONAL	GEOLOGIALOCAL	GEOLOGIAECONÓMICA	GEOLOGIAESTRUCTURAL
<p>Las rocas sedimentarias en Cerro de Pasco corresponden a los calcáreos de edad Jurásica-Triásica, formando estructuras orientadas en dirección NS, la formación de rocas volcánicas y de intrusivos monzoníticos que afloran en la zona corresponden al Grupo Excelsior, este grupo está compuesto por filitas grises, cuarcitas de grano fino</p> <p>ESTRATIGRAFIA GRUPO EXCELSIOR. GRUPO MITU GRUPO PUCARA GRUPO GOYLLARISQUIZGA</p>	<p>El yacimiento de C de P. está en el centro del Perú, al NE de la ciudad de Lima, en las estratificaciones occidentales de la Cordillera Central de los Andes Peruanos a una altitud de 4330 m. SNM. Los depósitos minerales se localizan en la zona E y S de una chimenea volcánica Terciaria rellena por rocas proclásticas e intrusivas. El cuello volcánico de sección transversal elíptica de diámetro promedio de 2.5 Km. y con una orientación NS, corta a una serie de rocas sedimentarias, que van en edad desde el Paleozoico Inferior, como es la formación Excelsior, hasta el terciario inferior y descansa en un amplio arenicón. Con menas de mineral</p> <p>- Minerales de Plomo Zinc - Minerales de Cobre Plata - Minerales de Plata.</p>	<p>Cerro de Pasco cuenta con reservas y recursos alrededor de 120 MM de TM, con leyes promedio de 7.2 % Zn y 2.3 Pb. la geología encierra tres unidades estratigráficas diferentes: Grupo Excelsior compuesto por filitas, cuarcitas y lutitas carbonosas (Silúrico -Devónico), Grupo Pucará congruente esencialmente por calizas (Triásico -Jurásico), rocas ígneas y volcanoclasticas "Aglomerado Sumadana" la mineralización se ha explorado principalmente en el lado Este y Sur del estinguado volcánico entre los grupos Excelsior al S y Pucará al E. De acuerdo a su mineralogía, el yacimiento presenta los siguientes tipos de mineralización:</p> <p>- Cuerpo de sílice - pirita* Vetas y cuerpos mineralizados de Pb - Zn. - Vetas y cuerpos mineralizados de Cu* Cuerpos mineralizados de Ag. - Cuerpos supérgenos de Cu* Y cuerpos oxidados argentíferos opacos</p>	<p>Cerro de Pasco está situado en una de las pocas áreas donde la formación Excelsior del Paleozoico Inferior (esquistos, filita, cuarcita), alcanza una altitud de aproximadamente 4,300 msnm. la formación Excelsior. Su sección horizontal es ligeramente ovalada, con dimensiones de 2.7 Km. (dirección N-S) por 2.3 Km. (dirección E-O).</p> <p>Dentro de la chimenea han sido distinguidas tres tipos de rocas:</p> <p>a) Aglomerado de Ransillana: una roca proclástica; fragmentos de Excelsior y de pófidio cuarzo-monzonita (Neógeno), localmente bandeados. b) Fragmental de Lourdes: fragmentos de Excelsior en una matriz de cuarzo monzonita. c) Pófidio de cuarzo-monzonita: masas intrusivas y diques con inclusiones de rocas huéspedes, probablemente intrusiones múltiples, la mayor parte pre-mineral, pero unos cuantos diques (bandeados) post-mineral.</p> <p>Plegamiento La zona presenta pliegues paralelos que amezaban al Norte y cuyos pliegues axiales están inclinados al Este. La intensidad del plegamiento regional se incrementa hacia el Este en la cercanía de la falla longitudinal.</p> <p>a) Estructuras de domo regional, que es la más septentrional de los tres domos identificados en el Perú. b) Anticlinal de Cerro de Pasco, anticlinal de doble hundimiento en el que la elevación máxima de su núcleo estuvo situada probablemente al Sur del cuello volcánico. c) Sinclinal Cochán-Yurayhuanca, situado al Oeste del anticlinal de Cerro de Pasco. d) Sinclinal Yauyazo-Cotajirra, situado al Este del anticlinal de Cerro de Pasco.</p> <p>Fracturamiento se han identificado 4 conjuntos de fracturas.</p> <p>a) Fallas Longitudinales b) Fallas Oblicuas al plegamiento regional c) Fallas Transversales d) Fallas Oblicuas a los pliegues transversales</p>
<p>ROCAS IGNEAS se manifiesta con estructuras volcánicas de composición calco alcalina relacionados a los depósitos minerales, corresponden a un grupo más amplio en su distribución y han sido clasificados como STOCKS DE ALTO NIVEL se encuentran asociados a depósitos minerales.</p>	<p>ESTRATIGRAFIA FILITAS EXCELSIOR. GRUPO MITU CALIZAS PUCARA FORMACION GOYLLARQUIZGA FORMACION POCABAMBA</p>	<p>Control de Mineralización. Para los cuerpos de Pb-Zn. El contacto del Cuerpo de Py - Si con las calizas del Grupo Pucará, es notorio la continuidad de los cuerpos mineralizados siguiendo la línea del contacto. El fallamiento Longitudinal, que permitió el ascenso de las soluciones mineralizantes que formaron los cuerpos de pirita-sílice y los cuerpos de Pb-Zn aprovechando los contactos fallados existentes. Los cuerpos tubulares (pipes) de pirroita</p> <p>Mineralogía: Cuerpos de Pb - Zn, Vetas y cuerpos de Cu - Ag. Cuerpos de Ag - Bi, Cuerpos Supérgenos de Cu, Cuerpos Oxidados Argentíferos (Pacos)</p>	<p>Fracturamiento se han identificado 4 conjuntos de fracturas.</p> <p>a) Fallas Longitudinales b) Fallas Oblicuas al plegamiento regional c) Fallas Transversales d) Fallas Oblicuas a los pliegues transversales</p>
<p>FALLAS Y FRACTURAS 7 conjuntos de fallas y fracturas Fallas longitudinales, fallas oblicuas al plegamiento regional, fallas circulares, fallas oblicuas al plegamiento regional que cortan a las rocas volcánicas de la estructura volcánica, fracturas convergentes en profundidad y mineralizadas con pirita margita, fallas oblicuas a los pliegues cruzados mineralizados con esfalerita - galena y oblicuas al contacto este del Cuerpo de Py - Si que cortan a los Cuerpos de Pb - Zn y que han sido mineralizados con pirita argentífera, Fallas oblicuas al fallamiento longitudinal post mineral que han producido localizaciones de los cuerpos mineralizados, de las vetas y los diques</p>			

Operación Mina Subterránea:

La E.A Cerro S.A.C., sus operaciones mineras subterráneas y con los trabajos de la empresa especializada aplica el método de explotación, recuperación de cámaras y pilares. La recuperación de los pilares puede ser parcial o total, en este último caso, la recuperación va acompañada del hundimiento controlado del techo que puede realizarse junto con la explotación o al final de la vida del yacimiento. Para los (Avances Lineales) aplica el Sistema Mecanizado Trackless (minería sin rieles) con el Método Breasting y Sub Level Stopping consiste en preparar subniveles principales en los diversos pisos desde los cuales se realizan tajcos de 4 x 4 m. con una distancia de 25 m. y dejando pilares de 6 m; manteniéndose la plantilla para los pisos tanto inferiores como superiores; luego de realizarse la excavación de 4 x 4 m. En los diferentes pisos se procede a realizar la perforación del tajco superior hacia el tajco inferior con una altura de 12 m. de banco, luego de realizar la perforación se procede a la voladura en forma secuencial de tal manera que se mantenga el ciclo de perforación y voladura, el cual permite optimizar las operaciones mineras. Las operaciones subterráneas se ejecutan en los cuerpos: Cuerpo CNA, Cuerpo J337A, Cuerpo J337B, Cuerpo K327A, Cuerpo k327B.

Ciclo de minado subterráneo

Perforación: En avances lineales, se emplea la perforación mecanizada con Jumbos Rocket Boomer 281. Para realizar la explotación se utiliza el Método Breasting recuperación de cámaras y pilares, el cual se puede utilizar equipo mecanizado o equipo convencional Jackleg.

Voladura: En la Empresa Administradora Cerro S.A.C., se emplean como material explosivo emulsión encartuchada y dinamita de 1-1/2" x 12" y 7/8" x 7", y como accesorios de voladura se utilizan mecha rápida, cordón detonante y detonador no eléctrico, su utilización es tanto en la explotación y labores de avance lineal.

Sistema de Limpieza y Extracción

La limpieza y carguío de mineral se realiza con equipos diésel Scoop de 4.2 y 6 yd3 de capacidad, el mineral es evacuado hacia las chimeneas de Ore Pass o zonas de carguío. Luego el scoop diésel carga el mineral o desmante a los volquetes de 25 ton. Que son trasladados a la cancha de mineral de Planta Paragsha.

Sostenimiento: El sistema de sostenimiento estándar para las labores subterráneas de la E.A. Cerro S.A.C., se lleva a cabo mediante el uso de cuadros de madera, pernos Split Set de 7 pies, pernos Helicoidales, mallas Electro-soldadas, concreto lanzado (Shotcrete), cimbras metálicas.

La aplicación del método de sostenimiento, para las diferentes labores subterráneas es monitoreada y supervisada por los ingenieros del Departamento de Geomecánica, quienes diseñan y determinan el tipo de sostenimiento, en base a las evaluaciones del macizo rocoso

Operación a Tajo Abierto: La operación minera a Tajo Abierto tiene las siguientes dimensiones:

El eje mayor de lado norte a sur tiene una longitud de 1,800 m y el eje menor de lado Este a Oeste tiene una longitud de 1,100 m con una profundidad de 330 m. El actual Tajo Abierto tiene una estructura de rampas predefinida: las rampas principales de acarreo desde la mina subterránea y están ubicadas en la pared Oeste. En el año 2014 las operaciones del tajo Raúl Rojas fueron paralizadas.

Relleno Hidráulico viene a ser el relave de la Planta Concentradora de Tratamiento Paragsha-San Expedito, el sistema de clasificación en la Planta de Relleno Hidráulico está conformado por dos nidos de ciclones, el primero un nido de 3 ciclones D15B en el nido n°2 (parte superior), con un ápex de 1 1/8 ó de 1 pulgada, los mismos que permiten parcialmente soportar la variación de caudal y densidades de pulpa de alimentación. El OF del nido n°2, pasa al nido de 7 ciclones D12 ubicados en el nido n° 1 (parte inferior), obteniéndose una segunda clasificación que permite incrementar volumen de gruesos en el UF. Para ser enviados por gravedad con una determinada densidad a interior mina, a través de tuberías de polietileno HDPE de 4".

Planta Concentradora: El mineral es procesada en su totalidad para la obtención final de concentrados de Plomo, Plata y Zinc fundamentalmente, en la Planta Concentradora Paragsha y Planta Concentradora San Expedito, con tratamiento en los circuitos de chancado, molienda, filtrado, el circuito de zinc en planta Paragsha y el circuito de plomo en planta San Expedito, con un tratamiento de 2500 tn/día y 900000 tn/año

Servicios Auxiliares

Ventilación Principal: Se desarrolla a través de las labores de acceso principal que conectan con la superficie, estas son conocidas como ventilación de primera línea, de estas labores se fuerza el ingreso de aire fresco con ventiladores eléctricos axiales para la distribución a las labores donde se requiera ventilar (segunda línea), a través de mangas de ventilación de diámetro adecuado.

Finalmente el aire sucio es extraído por las labores que en su mayoría son chimeneas de ventilación que están conectadas con la superficie, siendo controlados por ventiladores principales de 80,000 CFM que inyectan aire fresco a los niveles inferiores de la mina y por las diferentes bocas minas que se encuentran en el sistema.

Los equipos encargados de evacuar el aire viciado de las voladuras, gases de los equipos diésel, polvo, aire caliente y húmedo son los Ventiladores Principales, que trabajan como extractores, en su mayoría se encuentran ubicados en superficie en las "cabezas" de las chimeneas de ventilación Raise Bore (RB) y Chimeneas Alimak (CHA).

Ventilación Auxiliar: Los agentes físicos y químicos generados por los trabajos de producción, desarrollo o preparación en los frentes ciegos serán extraídos mediante el uso de ventiladores auxiliares los cuales inyectarán aire a los frentes ciegos mediante el uso de mangas de ventilación que han sido estandarizadas en diámetros de 24" y 30".

Los ventiladores auxiliares han sido estandarizados en dos tipos dependiendo si son labores de Recuperación de Mineral o si son labores de No Recuperación de Mineral, en el primer caso los ventiladores serán de mínimo 20,000CFM y en el segundo caso los ventiladores serán de mínimo 30,000CFM ambos con la presión suficiente para desarrollar una longitud de 250m, como mínimo cumpliendo con el requerimiento de 20 m/min de velocidad mínima según el D.S-024-2016-EM.

Seguridad, Medio Ambiente y Responsabilidad Social: se considera la seguridad y salud de los trabajadores, preservando el medio ambiente haciendo uso de las herramientas de gestión implementadas con el Cambio de Cultura por lo que se implementó como soporte los cuatro pilares que son el IPERC Base, las condiciones (PODER), el conocimiento (SABER) y el comportamiento (QUERER), cabe señalar que mediante la capacitación (Anexo 4, 5 y Anexo 6) estipulado en el D.S. 024-2016-EM,

Plan anual de seguridad salud ocupacional: Se considera la gestión SSOMAC, con las herramientas de gestión corporativa implementada por E.A. Cerro S.A.C., para la aplicación en las operaciones subterráneas, de beneficio, servicios conexas y comunidades.

Comité Central de Seguridad, Salud y Medio Ambiente. Es el responsable de hacer cumplir La Política de Seguridad, Salud y Medio Ambiente de CERRO S.A.C.

Auditorias de seguridad, salud, medio ambiente: propone a las empresas contratistas o área de la empresa a una evaluación crítico sistemático con el objeto de minimizar los riesgos. Se cumplirá con el plan de auditorias internas. Luego de las auditorias en cada área se emitirá un informe, el cual deberá ser comunicado a las personas interesadas para la aplicación de acciones correctivas resultantes deberán seguir el proceso correspondiente y serán ingresados al sistema SSOMAC.

Auditorias Comportamentales: Se realizan en base a la observación del comportamiento del personal en el cumplimiento de los estándares de desempeño, con el objetivo de reforzar los comportamientos correctos, identificando y corrigiendo actitudes y comportamientos de riesgo

Capacitación: Estará a cargo del área de Gestión Humana, quienes verificarán su cumplimiento y evaluación del plan general de capacitación, en coordinación con las Superintendencias y Jefaturas de las diferentes áreas.

Manejo defensivo: A los conductores y operadores se les difundirá y entregará el Reglamento Interno de Tránsito (RITRA) corporativo que cumple la función de Reglamento de Tránsito dentro y fuera de las operaciones siempre y cuando se realice trabajo para la empresa.

Preparación ante emergencias-contingencias: La E.A. Cerro S.A.C. tiene un Plan General de Emergencias - Contingencias y Capacidad de Respuesta ante Emergencias, que permitirá la aplicación correcta de los procedimientos de Manejo de Crisis de una manera estructurada, durante la emergencia - contingencia que se pueda presentar dentro de nuestras instalaciones como siguiendo los procedimientos que se dan para estos casos, de acuerdo a las normas Legales vigentes

Equipos de protección personal. (EPP): Será evaluado por personal de Seguridad y Salud Ocupacional antes de que su uso sea autorizado dentro de las instalaciones de la E.A. Cerro S.A.C

Salud Ocupacional. Se realizará monitoreos en las áreas donde haya presencia de riesgos contaminantes y peligros para la salud, para adoptar las medidas correctivas necesarias en casos de encontrar concentraciones que excedan los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en la normatividad vigente.

Primeros auxilios, asistencia médica y educación sanitaria: En cumplimiento a lo dispuesto en el Art. 131 del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional la E.A. Cerro S.A.C. cuenta con un Centro médico, con la infraestructura necesaria para la atención de primeros auxilios, y emergencias

Responsabilidad social: Enfoca sus acciones con repercusión positiva en las comunidades propiciar beneficios y crecimiento de los involucrados basando una cultura organizacional con dialogo y respeto a los compromisos asumidos

CAPITULO V. ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Análisis de resultados Elección del tipo de Sostenimiento en los tajeos de Producción en la E.A. Cerro S.A.C.

Determinar Soporte Mediante Anclajes: La concepción teórica de Terzaghi se basa en sus propios conceptos sobre arqueo de los suelos, y en donde define la carga vertical de roca como la masa de material propensa a caer desde el techo de no ser sostenida. Wickham, G. Tiedemann, H. y Skinner, E. (1972). Conocido como Rock Structure Raiting (RSR), la cual después de Terzaghi, corresponde a la primera clasificación detallada se basa en tres parámetros:

Parámetro A: Tipo de roca: considera la intensidad del plegamiento y de las discontinuidades, dependiendo su valor del RQD. Rango = 8 - 30.

Parámetro B: Relaciona el patrón de las diaclasas y su orientación respecto del eje y dirección de la excavación del túnel. Rango = 12 - 50

Parámetro C: Relaciona los parámetros anteriores con el flujo de agua y estado de las discontinuidades. Rango = 5- 20. Pudiéndose por tanto seleccionar el tipo de sostenimiento en base a costillas, hormigón proyectado y pernos de anclaje.

Índice Geológico de Resistencia (GSI): La resistencia de un macizo rocoso fracturado depende de las propiedades de la roca intacta y bloques que se deslizan por esfuerzos, el Índice Geológico de Resistencia GSI propuesto por Hock Los valores del GSI varían de 1 a 100 Los valores cercanos al 1 corresponden a las situaciones del macizo rocoso de menor calidad, es decir con la superficie muy erosionada, con arcilla blanda en las juntas, y con una estructura poco resistente debido a las formas redondas, y a la gran cantidad de fragmentación que sufre el macizo.

Caracterización Geomecánica en EA. Cerro S.A.C: Para interpretar el comportamiento mecánico del macizo rocoso en los diferentes frentes de excavación se ha procedido a caracterizar el macizo rocoso, valiéndose para ello de dos herramientas científicas de uso universal:

La Clasificación Geomecánica de Bieniawski de 1989 (RMR) con el que se ha logrado zonificar los diferentes tipos de roca existentes en la mina de Cerro de Pasco , para cuyo efecto se realizan mapeos Geomecánicos de campo en cada uno de los frentes Con los datos obtenidos en los diferentes frentes de trabajo se procede a la calificación para obtener la valoración numérica del macizo aplicando la Clasificación Geomecánica de Bieniawski.

VOLCAN		CLASIFICACION GEOMECANICA DE BIENIAWSKI (1989)				
PARAMETROS DE CLASIFICACION						
1 Resistencia de la roca intacta (Ri)						
Factor de corrección	0-10	10-4	4-8	8-15		
Coeficiente de ajuste	0.250	0.400	0.500	0.650	0.80	1.0
Puntuación	18	12	7	4	2	0
2 RQD (%)						
Puntuación	0-20	20-30	30-40	40-50		
3 Separación de diaclasas						
Puntuación	0-5	5-10	10-20	20-30	30-40	40-50
4 Estado de las discontinuidades						
Longitud	<10	1-10	1-100	10-100	>100	
Puntuación	0	2	2	1	0	
Abertura	Nada	<1mm	0.1-1mm	1-5mm	>5mm	
Puntuación	0	0	0	0	0	
Regulación	Muy buena	Buena	Regularmente Buena	Mala a Buena	Pobre	
Puntuación	0	0	0	0	0	
Mojado	Nada	<10% (Suco)	>10% (Suco)	<10% (Suco)	>10% (Suco)	
Puntuación	0	0	0	0	0	
Alteración	Nada	Leve Alterada	Modo Alterada	Muy Alterada	Descomponida	
Puntuación	0	0	0	0	0	
5 Líquido subterráneo						
Presión de agua	Nada	<10 (Suco)	10-100 (Suco)	10-100 (Suco)	>100 (Suco)	
Presión de agua (atmósferas)	0	0.1	0.1-1	0.1-1	>1	
Estado de alteración	Buena	Regularmente Buena	Buena	Regularmente Buena	Pobre	
Puntuación	0	0	0	0	0	
EFFECTO DE LA ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES						
Efecto de la orientación de las discontinuidades						
Puntuación	Muy Buena	Buena	Mala	Deficiente	Muy Deficiente	
CLASIFICACION						
Clase	1	2	3	4	5	
Caracterización	Muy Buena	Buena	Mala	Mala	Muy Mala	
Puntuación	80-100	60-80	40-60	20-40	0-20	
CARACTERÍSTICAS MECANICAS						
Tiempo de mantenimiento	0 años	1 mes	1 semana	1 día	30 minutos	
Alargamiento	0%	0%	0%	0%	0%	
Coeficiente	<0.001	0.001-0.01	0.01-0.1	0.1-0.5	>0.5	
Modulo de elasticidad	<10 ¹⁰	10 ¹⁰ -10 ¹¹	10 ¹¹ -10 ¹²	10 ¹² -10 ¹³	>10 ¹³	
EFFECTO DE LA ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES						
Efecto de la orientación de las discontinuidades						
Efecto de la orientación de las discontinuidades			Efecto de la orientación de las discontinuidades		Efecto de la orientación de las discontinuidades	
10°-30°	30°-45°	45°-60°	60°-75°	75°-90°	90°-180°	Outcrop (vertical)
Muy Buena	Buena	Mala	Deficiente	Muy Deficiente	Muy Deficiente	Muy Deficiente

De acuerdo al puntaje alcanzado se realiza la clasificación el macizo rocoso para este caso se aplica la tabla Geomecánica de la siguiente manera:

INDICE RMR	ROCA TIPO	COLOR
81 a 100	I	[Barra azul]
61 a 80	II	[Barra verde]
51 a 60	III A	[Barra amarilla]
41 a 50	III B	[Barra naranja]
31 a 40	IV A	[Barra roja]
21 a 30	IV B	[Barra morada]
01 a 20	V	[Barra negra]

La clasificación nos permite elaborar el Plano Geomecánico del área o de zona de avance y/o explotación indicando los parámetros Geomecánicos.

Indice Q de Barton

ITEM	CONCEPTO	DESCRIPCION	VALOR
1	Calidad de roca	Muy mala	RQD
2	Sistemas de fisura	Una familia de diaclasas	Jn
3	Rugosidad de fisuras	Superficie de fricción plana	Jr
4	Estado de fisuras	Rellenos de consolidación baja, 5 mm de espesor	Ja
5	Presencia de agua	Infiltración a presión mediana con lavado de rellenos.	Jw
6	Reducción de esfuerzos	Zonas de debilidad aisladas, contienen arcillas > 50 m.	SRF

Con estos datos se aplica la ecuación de tres cocientes para obtener el valor final del indice Q:

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

Los datos se obtienen al aplicar en el mapeo Geomecánico de campo con la tabla de Barton

TABLA DE VALORACIONES DEL INDICE Q (BARTON Y LIBRADA 1984)		VALOR	
1. Calidad de la roca (RQD)		100	10
2. Rugosidad de las superficies de fractura (Jr)		100	10
3. Estado de las superficies de fractura (Ja)		100	10
4. Presencia de agua (Jw)		100	10
5. Reducción de esfuerzos (SRF)		100	10

El índice Q de Barton permite calcular las aberturas máximas que se pueden excavar de acuerdo a la calidad del macizo rocoso, con la finalidad de evitar posibles derrumbes por sobredimensionamiento de las excavaciones, este parámetro sirve para el diseño de las labores incluido el método de explotación a aplicar en el cuerpo o manto mineralizado:

CÁLCULO DE ABERTURA MÁXIMA			
PARA T3 3808 W del cuerpo CUE EN del Nivel 380			
ITEM	CONCEPTO	DESCRIPCION	VALOR
1	Calidad de Roca	Buena	RQD 80
2	Sistema de fractura	Una familia de fracturas + un arista	2n 3
3	Seguridad de fracturas	Fracturas irregulares, inclinadas	2n 3
4	Estado de fracturas	Fracturas uniaxiales sin minerales frías	2n 3
5	Presencia de agua	Exposición seca	2n 3
6	Reducción de esfuerzos	Zonas de densidad porosa, conglomerados	SF 1.5
$Q = RQD/Jn \times (1/Jn) \times (Sf/SF)$ $Q = 17.0000$ Valores de CSR (Barton y Grimstad, 1994)			
TIPOS DE EXCAVACION			SE
A	Excavaciones mineras por ventilación		2.0 - 3.0
B	Excavaciones mineras para minería, túneles de conducción de agua para hidroeléctricas, cámaras de almacenamiento, túneles piloto, túneles subterráneos grandes		1.6 - 2.0
C	Cámaras de almacenamiento, plantas subterráneas para agua, túneles camino y ferroviarios, puentes, aductos de alta presión, túneles para gas		1.2 - 1.5
D	Canales de riego, túneles de drenaje y túneles para gas, túneles de defensa civil, puentes y túneles de túneles		0.9 - 1.1
E	Excavaciones mineras para minería, túneles de ventilación, instalaciones de defensa civil y de riego, túneles y túneles		0.5 - 0.8
Para labores de explotación: SE = 3.00			
Luego de la fórmula que relaciona dimensión equivalente (De) con índice de calidad (Q) se obtiene que:			
Máxima abertura (Ma) = $2 \times CSR \times Q^{0.667}$			
Largo: Ma = 38.4361			
Dimensión equivalente (De) = Ma/SE			
De = 12.812 m			
CÁLCULO DE RMR EN FUNCIÓN DE Q			
Para trabajos en mina:			
$RMR = 25.5 \ln Q + 45.8$			
Datos:			
Q = 17.000			
$\ln Q = 2.833$			
$RMR = 71.329$			
$RMR = 71$			

Cartilla Geomecánica. Se muestra la aplicabilidad en los siguientes gráficos



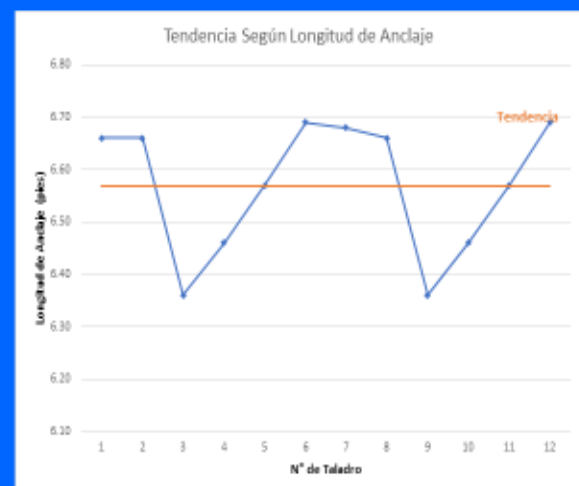
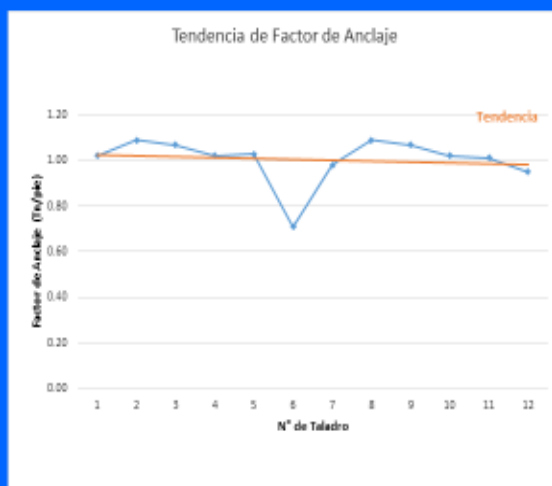
Selección del tipo de sostenimiento

Diseño y Aplicación de Sostenimiento: Según el estimado de avances para los tajeos de producción con distancia de 25 metros con sección de 4 x 4 m, considerando la clasificación geomecánica, la toma de datos en campo con el uso de los softwares geomecánicos de simulación se toma en cuenta el tipo de sostenimiento con pernos de reforzamiento temporal split set para la aplicación en los tajeos de producción con roca tipo IIIB, con RMR. 51 – 60, Clasificación de roca según Natm, roca moderadamente inestable a sección completa de 4 x 4m, con una longitud de avance de 8 a 10 pies, tiempo de auto soporte de 1 día con sostenimiento de Split set sistemático en pared y bóveda – techo, tiempo de colocación después de un avance hasta el tope del frente de avance, por lo que se propone aplicar la tabla siguiente de sostenimiento en labores de producción

MINA CERRO DE PASCO							
CONDICIONES DE EXCAVACION Y SOPORTE EN BASE A LOS TIPOS DE ROCA SEGUN RMR, INDICE QSI Y EL NATM							
Departamento de Planeamiento - Area de Geomecánica							
LABORES DE PRODUCCION							
E. A. CERRO S. A. C.							
TIPO DE ROCA POR BENAVENISTE 199 (CANTONAJES)	CLASIFICACION DE ROCA SEGUN NATM	SECCION DE OBRERO	TIPO/TOPO DE AVANCE	TIEMPO DE AUTOSOPORTE	TIPO DE PERNO SPLIT SET	TIEMPO DE COLOCACION	
> 81 (I)	A	ROCA MUY ESTABLE	A sección completa	4.8 m (15 pies)	3 días	0 Perno Occasional 0 Perno Occasional	Después de 4 semanas
81 - 60 (II)	B	ROCA ESTABLE	A sección completa	2.8 m (12 pies)	2 días	0 Perno Sistemático 0 Perno Sistemático	Después de 2 semanas
61 - 40 (III A)	C	ROCA MODERADAMENTE INESTABLE	A sección completa	2.4 x 3 m (8 x 10 pies)	1 día	0 y 0 Perno Sistemático 0 y 0 Perno Sistemático	Después de 1 semana
41 - 20 (III B)	C	ROCA INESTABLE	A sección completa	1.8 x 1.8 m (6 x 6 pies)	0.5 días (12 horas)	0 y 0 Perno Sistemático	Después de 1 semana
21 - 10 (IV A)	D	ROCA MUY INESTABLE CON PRESIONES MODERADAS	Tres secciones de Sección	1.8 x 1.8 m (6 x 6 pies)	0.5 días (12 horas)	Sistema de 2 varillas	Después de 1 semana
21 - 10 (IV B)	D	ROCA MUY INESTABLE CON PRESIONES FUERTES	A media sección en altura	2.8 m (9 pies)	0.25 días (6 horas)	Cables a 3 pies	Después de 1 semana
PUNZOS SINGULARES < 21 (V)	E	ROCA MUY INESTABLE CON ALTA PRESION DE FUERZAS	A media sección en altura	2.8 m (9 pies)	0.25 días (6 horas)	Cables a 3 pies	Después de 1 semana

ANÁLISIS DE TENDENCIAS

Muestreo No Aleatorio. Se realizó según conveniencia, seleccionando a los 3 primeros taladros del Tajeo 14808 a continuación se seleccionaron del 4 al 8 taladros del tajeo 14274 y del 9 al 12 del tajeo 14986, para obtener los resultados en campo de los taladros e instalación de pernos Split set donde se obtuvo gráficos de tendencias en factor de anclaje, longitud de anclaje y tensión máxima tns.

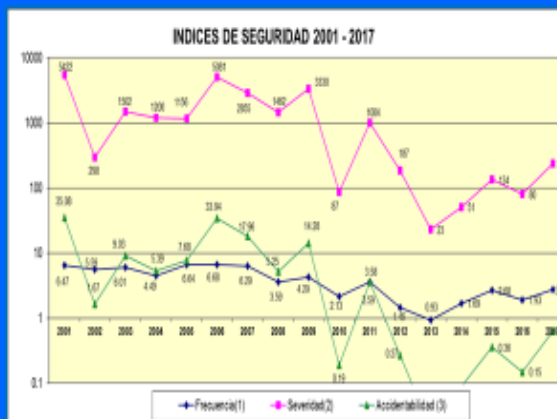




Lugar	N° Talado	Roca Tipo	Diámetro Talado (mm)	Diámetro Perno (mm)	Longitud Anclaje pies	Tensión Máxima Tms	Factor de Anclaje Tope	Desplazamiento mm.	Sección Ancho 4.00m Alto 4.00m	Observaciones
TALEO 14808	1	g	37.98	38.21	6.88	6.80	1.02	10.00	4/4	aplicar sostenimiento como perno estándar
TALEO 14808	2	f y IA	37.98	38.94	6.88	7.25	1.08	8.00	4/4	aplicar sostenimiento como perno estándar
TALEO 14808	3	g	37.98	38.04	6.38	6.80	1.07	15.25	4/4	aplicar sostenimiento como perno estándar
TALEO 14774	4	g	37.98	38.65	6.48	6.60	1.02	9.08	4/4	aplicar sostenimiento como perno estándar
TALEO 14774	5	g	37.98	38.18	6.57	6.75	1.03	9.08	4/4	aplicar sostenimiento como perno estándar
TALEO 14774	6	g	37.98	38.99	6.88	4.75	0.71	9.55	4/4	Perno con Tensión Máxima Tms menor al promedio normal perno talado
TALEO 14774	7	g	37.98	40.01	6.88	6.55	0.88	10.75	4/4	aplicar sostenimiento como perno estándar
TALEO 14774	8	g	37.98	38.24	6.88	7.25	1.08	11.82	4/4	aplicar sostenimiento como perno estándar
TALEO 14889	9	g	37.98	38.28	6.38	6.80	1.07	14.84	4/6	aplicar sostenimiento como perno estándar
TALEO 14889	10	g	37.98	38.96	6.48	6.60	1.02	10.24	4/6	aplicar sostenimiento como perno estándar
TALEO 14889	11	g	37.98	38.07	6.57	6.65	1.01	7.57	4/6	aplicar sostenimiento como perno estándar
TALEO 14889	12	g	37.98	38.56	6.88	6.55	0.85	8.56	4/4	aplicar sostenimiento como perno estándar

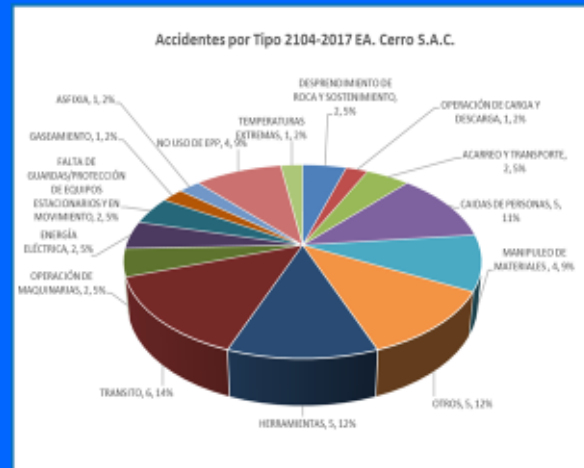
ESTADISTICA DE SEGURIDAD UNIDAD CERRO DE PASCO

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Leves	64	26	32	24	25	22	48	53	30	38	31	13	20	9	8	4	2
Incapacitantes	32	31	36	30	49	45	46	31	26	17	24	9	8	8	4	3	5
Mortales	5	0	1	1	1	6	3	2	3	0	1	0	0	0	0	0	0
Frecuencia(1)	6.47	5.59	6.01	4.49	6.64	6.68	6.29	3.59	4.29	2.13	3.58	1.46	0.93	1.69	2.68	1.93	2.72
Severidad(2)	5422	298	1502	1200	1156	5081	2855	1462	3330	87	1004	187	23	51	134	80	235
Accidentalidad (3)	35.08	1.67	9.03	5.39	7.68	33.94	17.96	5.25	14.28	0.19	3.59	0.27	0.02	0.09	0.36	0.15	0.64



Referencia de accidentes por tipo en la que se detalla desde el año 2009 al 2013 datos de años anteriores no encontrados por tipo en la que se evidencia que la mayor incidencia es por desprendimiento de rocas

POR TIPO	2009	2010	2011	2012	2013
DESP. DE ROCAS	9	10	9	9	5
TRANSITO	11	6	8	4	0
INTOX.-ASFIXIA	4	4	1	3	1
DERRUM./ENTERRAM.	2	2	5	0	0
DERRUM.-DESUZ.	2	0	0	2	9
ENERGÍA ELÉCT.	3	3	1	1	1
MANP. MATER.	2	2	1	0	0
OPER. CARG. Y DESCAR.	2	0	0	1	1
CAIDAS PERSON.	8	3	2	4	3
OTROS TIPOS	4	4	2	2	4
ACARR. Y TRANSP.	0	3	0	1	4
EXPLOSIVOS	2	4	0	0	0
HERRAMIENTAS	3	0	0	0	1
OPER. MAQUIN.	2	6	3	2	5
ESTALLIDO DE ROCA	0	0	0	0	0
TOTAL	54	47	32	29	34



Discusión.

En función a la geología, tipo de roca, el mapeo geomecánico considerando las simulaciones con los softwares geomecánicos, se aplica el tipo de sostenimiento considerando en la reducción de accidentes por desprendimiento de roca.

Geología TJ 14986 N, PISO 11 La mineralización predominante de este sector está conformada por cuerpos irregulares de depósitos de flujo hidrotermal y de reemplazamiento metazomático en matriz de pirita, calizas y dolomias, con inclusiones de aglomerado volcánico entre las zonas de intersección del corredor con la Falla Longitudinal de Cerro de Pasco y la zona de contacto de las calizas con los cuerpos de pirita que conforman una línea irregular casi paralela a la Falla Longitudinal.

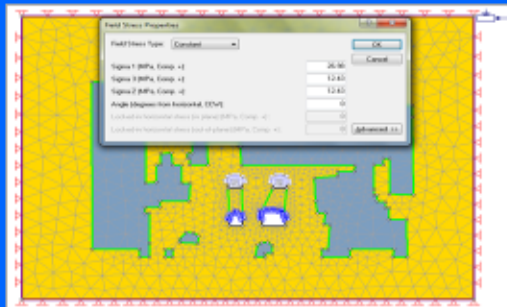
Caracterización Geomecánica TJ 14986

La calidad del macizo rocoso de esta área es de roca Tipo IIIA y IIIB, con RMR de 45 a 60 según se presenta el grado de fracturamiento de la pirita o el aglomerado volcánico. En el mapeo a considerar es la siguiente clasificación

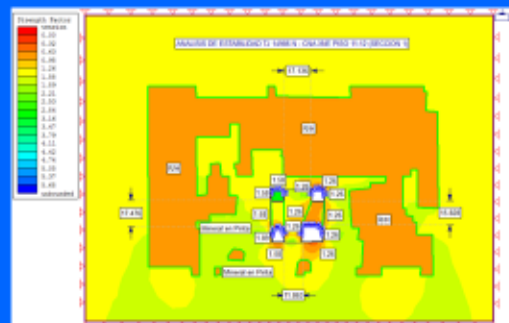
ZONA	II	FECHA	: 24/01/2015
LABOR	TJ 14986 N	MAPEADO POR	: Ibraín Lopez Rojas
NIVEL	1400	Geología	: Pirita intensamente fracturada/regular
PISO	11	Progresiva	: Frente
CUERPO	CNA XNE		
PROPIEDADES		DATOS DE CAMPO	
VALORIZACION			
1. Resistencia a la compresión uniaxial	20 Mpa	7	
2. RQD	20%	6	
3. Separación entre discontinuidades	0.008 a 0.15m	7	
4. Estado de continúedades			
Longitud	< 1 m	6	
Abertura	1.0 a 5.0 mm	1	
Rugosidad	Ligeramente rugoso	3	
Relleno	Ninguno	4	
Alteración	Liger. Alterada	5	
5. Agua subterránea	Seco	15	
6. Orientación de discontinuidades	Favorable	-2	
RMR		52	
CLASIFICACION GEOMECANICA	ROCA TIPO	IIA	

Análisis de Estabilidad

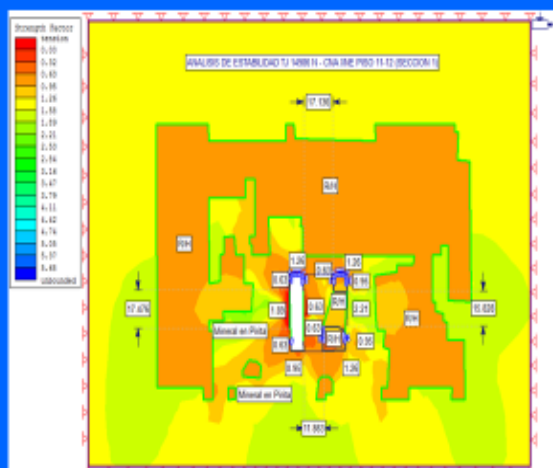
Para evaluar el comportamiento de la estabilidad del TJ_14986 N, se procedió a realizar el análisis de esfuerzos/deformación aplicando el software *PHASE2.V7* Obteniéndose los siguientes resultados:



Considerando que actualmente las 02 ventanas del piso inferior PA 14986 N y PA 14847 SE se encuentran abiertas, parcialmente rellenas con material détrico y sostenidas con malla y Split set sistemático, con un pilar de separación de 11.8 m. entre el pilar central, para una altura de banco 15.8 m. El factor de seguridad es de *1.26* y *1.89* > *1.1* Estable, condiciones iniciales



Al aperturar la excavación del piso superior (Cabeza) con sostenimiento compuesto por Split set sistemático, se observa que el F.S. en el techo y paredes laterales es de *1.26* y *1.58* Estable.



Resultados y Sugerencias

Del análisis elaborado se puede observar que desarrollando adecuadamente la secuencia de minado, respetando el tiempo de autoaporte el sostenimiento según avance y aplicando oportunamente el relleno hidráulico RHC en proporción 1/30 se puede realizar la explotación del tajeo evitando inestabilidad y perturbaciones significativas.

Respetar el diseño del proyecto y la secuencia de minado con una sección de 4x4 m.

Se puede aplicar el sostenimiento con pernos de anclaje Split set según avance hasta el tope del frente.

Geología TJ 14808 W

El macizo rocoso que rodea al cuerpo mineralizado CNA Área XNE está conformado principalmente por calizas y dolomías al lado Este y pirita alterada en la zona de contacto pirita-caliza al Oeste. El mineral está emplazado en matriz de brechas de pirita con calizas, dolomías y volcánico dacíticos.

Caracterización Geomecánica

De acuerdo al criterio de clasificación Geomecánica de Bieniawski (1989) se define la siguiente clasificación de calidades de la masa rocosa:

Rocas Tipo IIIA y IIIB, con RMR que varía desde 44 a 56. GSI MF/R (Muy fracturado regular) Caracterización Geomecánica frente en Caliza MF/R, tipo de roca IIIA, PA 14808 W.

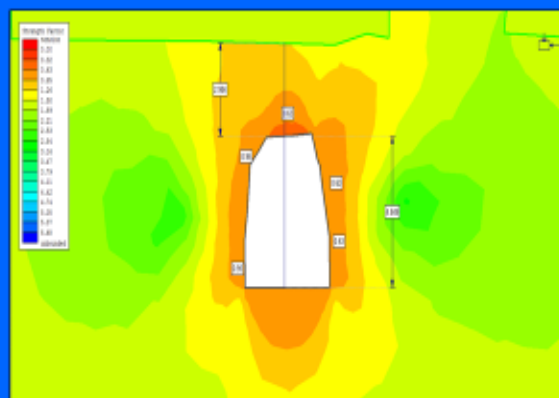
El mapeo a considerar es la siguiente clasificación.

ZONA	II		
LABOR	TJ 14808 W	FECHA	: 14/11/2014
NIVEL	1400	MAPEADO POR	: Efraín Lopez Rojas
PISO	7	Geología	: Frente de caliza MF/R
CUERPO		Progresiva	: 5 m
PROPIEDADES		DATOS DE CAMPO	
1. Resistencia a la compresión uniaxial		50 Mpa	
2. RQD		60%	
3. Separación entre discontinuidades		0.003 a 0.15 m	
4. Estado de discontinuidades			
Longitud		< 1.0 m	
Abertura		1.0 a 5.0 mm	
Rugosidad		Ligeramente rugoso	
Relleno		Ninguno	
Alteración		Liger. Alterada	
5. Agua subterránea		Seco	
6. Orientación de discontinuidades		Medio	
RMR		54	
CLASIFICACION GEOMECANICA		ROCA TIPO IIIA	

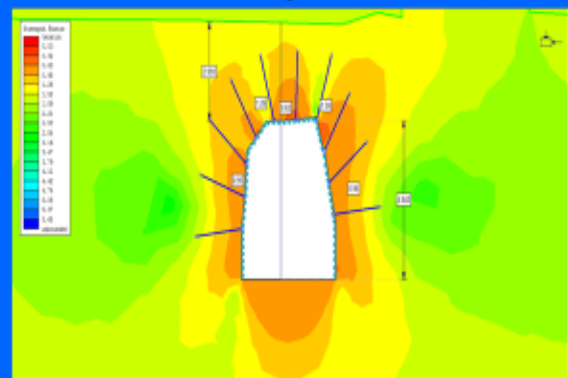
Análisis de Estabilidad

Para evaluar el comportamiento de la estabilidad de labores con respecto a los paneles se desarrolló el análisis de esfuerzos/deformación aplicando el software PHASE2. Para cuyo efecto se procedió a la asignación de las propiedades geomecánicas los cuales fueron calculados a partir de la caracterización Geomecánica del macizo rocoso, mineral en caliza y del relleno hidráulico en proporción 1/30 (Input Data).

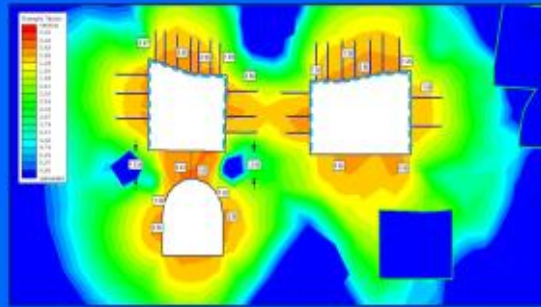
Simulación del PA 14808 W sin sostenimiento:



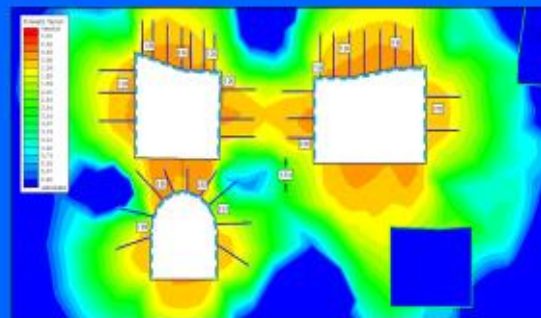
Se observa puente de 2.99 m inferior a los 5m, así mismo la sección de la labor tiene una altura de 4.8 m fuera del estándar. El factor de seguridad sin sostenimiento es de 0.63 < 1 Inestable Simulación del PA 14808 W después de colocar sostenimiento:



Simulación de la proyección del PA 14808 W antes de incorporar sostenimiento:



Simulación de la proyección del PA 14808 W con sostenimiento:



El F.S incrementa a 0.95 sin embargo la condición continúa inestable ya que es inferior a 1

Resultados:

Para continuar con los trabajos de explotación en este sector se debe respetar el puente mínimo de seguridad establecido que es de 4 m.

- Respetar el diseño de las secciones de labores abiertas que deben ser de 4x4 m como indica el estándar cumpliendo con la instalación de sostenimiento compuesto en Split set sistemático.
- Completar el relleno de labores abiertas con RHC 1/30 con la finalidad de garantizar la estabilidad global del área.

Geología TJ 14274 W

La mineralización está emplazada en matriz brechada de calizas y dolomías, con presencia de rocas volcánicas en el Nivel 1200 y con nódulos de caliza bituminosa y pirita de grano fino a medio en el Nivel 1600. La roca encajonante del cuerpo mineralizado está conformada por calizas y dolomías alteradas hacia el Este, en tanto que en el Oeste se presentan calizas y dolomías hacia el lado Norte y cuerpo de pirita hacia el lado Sur en contacto con la caliza en línea muy irregular.

Caracterización Geomecánica

De acuerdo al criterio de clasificación Geomecánica de Bieniawski (1989) se define la siguiente zonificación de calidades de la masa rocosa: Rocas de Tipos IIIA y IIIB, con RMR 44 a 56, se presentan desde el ingreso al Rampa 14273 y Sub Nivel 14273 N en pirita, volcánicos, calizas y dolomías.

El mapeo a considerar es la siguiente clasificación.

ZONA	III		
LABOR	TJ 14274 W	FECHA	: 15/11/2014
NIVEL	1400	MAPEADO POR	: Efraín López Rojas
PISO	17	Geología	: Pirita intensamente fracturada/regular
CUERPO	IIIBIA	Progresiva	: Frente
PROPIEDADES		DAIOS DE CAMPO	VALORIZACION
1. Resistencia a la compresión uniaxial		25 Mpa	4
2. RQD		50%	13
3. Separación entre discontinuidades		0.003 a 0.15 m	7
4. Estado de continuidades			
Longitud		< 1.0mm	6
Abertura		1.0 a 5.0 mm	1
Rugosidad		Ligeramente rugosa	3
Relleno		Ninguno	6
Alteración		Moder. Alterado	3
5. Agua subterráneo		Humedo	20
6. Orientación de discontinuidades		Favorable	-2
RMR			51
CLASIFICACIÓN GEOMECAICA		ROCA TIPO	IIIA

Secuenciamiento de minado:

La explotación se realizará de manera alternada, una vez excavado los paneles primarios la siguiente etapa es proceder a rellenar con la proporción 1/25 de RHC obtenemos los siguientes resultados:

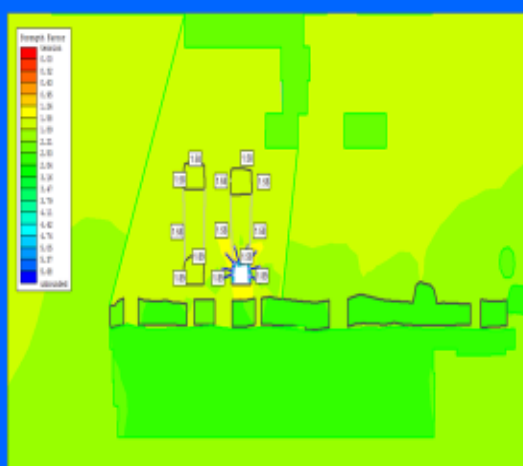
ETAPA 1: Considerando un pilar de separación de 6 m. entre las columnas para una altura de banco de 8 m. El factor de Seguridad mostrado en el SN 14365 NE es de $1.58 > 1$ estable, similar condición se presenta en el PA 14852 NE con un $F.S$ de $1.89 > 1$ estable. Condiciones Iniciales.



ETAPA 2: Al aperturar la excavación del PA 14852 NE ubicado en el piso inferior se puede observar que el $F.S$ disminuye a 0.95 en el techo presentando una condición de inestabilidad. (Debido a esfuerzos inducidos remanentes de labores adyacentes)



Etapa 3: Al incorporar sostenimiento en el PA 14852 NE observamos un incremento considerable del $F.S$, se incrementa a $1.58 > 1$ estable.



Etapa 4: Al realizar la apertura y excavación del SN 14365 NE ubicado en la parte superior observamos que el $F.S$ es de $0.95 < 1$ inestable.



Etapa 5: Al incorporar sostenimiento combinado compuesto por shotcrete, pernos y malla el $F.S$ incrementa a $1.26 > 1$ manteniendo las condiciones de estabilidad.

Considerando que luego de que se haya realizado la explotación y limpieza de la primera columna y se proceda a rellenar con relleno hidráulico cementado en proporción 1/6 con fines de conseguir una $R'c$ de 0.4 Mpa y mejorar las condiciones de estabilidad del área explotada, el $F.S$ se incrementa a 1.89 .



Etapa 6: Considerando que luego de que se haya realizado la explotación y limpieza de la primera columna y se proceda a rellenar con relleno hidráulico cementado en proporción 1/6 con fines de conseguir una $R'c$ de 0.4 Mpa y mejorar las condiciones de estabilidad del área explotada, el $F.S$ se incrementa a 1.89 .

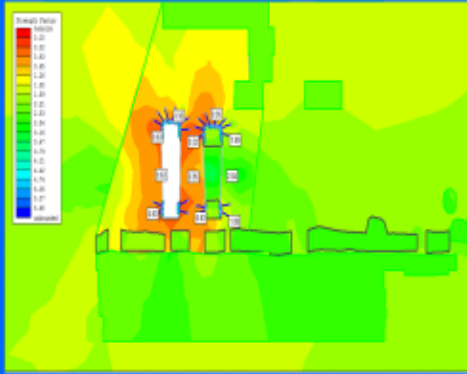


Etapa 7: Al incorporar sostenimiento a la labor se observa que el $F.S$ se incrementa a $1.26 > 1$ estable.

Etapa 8: Luego al incorporar sostenimiento combinado compuesto por malla/pernos y shotcrete se logra conseguir el equilibrio límite, el $F.S$ incrementa a $1.26 > 1$ estabilizándose la labor.



Etapa 9: Continuando el ciclo de explotación al rellenar la columna con RH 1/6 el *FS* de 1.89 en paredes y 1.58 en el techo, las condiciones de estabilidad del área explotada se mantiene estable.



Resultados

Del análisis desarrollado se puede observar que desarrollando adecuadamente la secuencia de minado y respetando el tiempo de autoaporte y el tiempo oportuno del relleno 1/10 se puede desarrollar la explotación y evitar inestabilidad asociado principalmente al factor influyente que es la presencia de agua, reduciendo significativamente el tiempo de autoaporte y exposición de las excavaciones abiertas.

Sugerencias

Para realizar trabajos de explotación del cuerpo J337A se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Por las características Geomecánicas de la roca encajonante y la mineralización en roca Tipo IIIA con RMR 51, asociado a filtraciones de agua como principal factor influyente, se debe captar los puntos de ingreso de agua con la finalidad de evitar la desestabilización de la roca circundante y garantizar la explotación del mineral por el método planteado.
- Para conseguir el equilibrio límite y mantener las condiciones estabilidad del área luego de la explotación se recomienda respetar el ciclo de minado priorizando la etapa de relleno hidráulico cementado en proporción 1/10 para conseguir R_c de (0.4 Mpa) e incrementar el Factor de Seguridad de las columnas explotadas, se debe sostener con Split set sistemático y respetar las secciones de 4 x 4 m, la limpieza del mineral arrancado debe realizarse oportunamente.

CONCLUSIONES

1. Con el uso del software geomecánico se llega a analizar los sectores inestables con mayor probabilidad de ocurrencia de accidentes por desprendimiento de rocas.
2. Se determinará las características del macizo rocoso in situ con el mapeo geomecánico utilizando los sistemas de clasificación geomecánico de rocas.
3. Se considerará según los análisis geomecánicos el principio labor avanzada, labor sostenida.
4. Para la instalación de los pernos se debe considerar las características del macizo rocoso, el diámetro de taladros adecuados, instalación correcta de pernos respetando la malla de sostenimiento.
5. Se debe contar con personal capacitado para la aplicación del estudio.
6. Considerar las estadísticas y evaluar los indicadores de seguridad de la E.A Cerro S.A.C para el seguimiento de los accidentes por desprendimiento de roca.
7. La aplicación del sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje Split set en los tajeos de producción de la EA. Cerro SAC con roca tipo IIIA si es posible considerando los parámetros de la sección 4x4 m, para reducir accidentes por desprendimiento de roca.
8. El sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje debe ser oportuno según el avance y considerando metro avanzado, metro sostenido, con perforación de avance de 8 a 10 pies.
9. El sostenimiento mecanizado se aplicará considerando el relleno hidráulico cementado de las labores adyacentes ya explotadas.

RECOMENDACIONES

1. El sostenimiento mecanizado se aplicará considerando el relleno hidráulico cementado de las labores adyacentes ya explotadas.
2. El área de geomecánica debe evaluar y analizar el macizo rocoso de los tajeos de producción, con los sistemas y softwares geomecánicos para la aplicación de soporte oportuno con pernos de anclaje en roca tipo IIIA.
3. Se debe contar con personal capacitado para la aplicabilidad del sostenimiento mecanizado.
4. Se debe respetar el estándar del tajeo de 4x4 metros para el mejor control del macizo rocoso.
5. No se debe avanzar si no cuenta con sostenimiento al tope del frente de avance considerando el principio labor avanzada, labor sostenida.
6. Se debe cumplir la política de la empresa y los cuatro pilares de seguridad por todo el personal involucrado en el proceso de producción de los tajeos.
7. El personal ejecutante de la operación debe realizar el Iperc continuo considerando los riesgos por desprendimiento de roca que debe ser revisado y corregido por toda la supervisión.
8. Se recomienda que todo la supervisión involucrada en el proceso debe comprometerse en la prevención de accidentes cumpliendo la recomendación geomecánica y de seguridad para cumplir con los objetivos alcanzando ser de clase mundial.
9. Se recomienda realizar pruebas Pull Test a los pernos de anclaje Split set al inicio de la explotación de tajeos de producción con roca de tipo IIIA.

Anexo 1

Procedimiento de la delimitación con base de roca tipo III

PROCEDIMIENTO DE LA DELIMITACION DEL CONOCIMIENTO

Reducción de accidentes por desprendimiento de roca utilizando sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje en roca tipo III en la EA Cerro SAC.

- Según la clasificación geomecánica en la EA Cerro SAC, se tiene 5 tipos de roca (I, II, III, IV, V), considerando la clasificación de los macizos rocosos según Bieniawski.
- Criterios usados para la clasificación geomecánica, condiciones de tensiones in situ, condición de discontinuidades, condición de resistencia, condición hidrogeológica, presencia de fallas, morfología del terreno, excavaciones circundantes a los tajeos.
- En base a las condiciones del macizo rocoso y el área excavada la relación entre las clasificaciones geomecánica y el tipo de sostenimiento para tajeos de producción con roca tipo III, se aplica sostenimiento con pernos de anclaje y malla electrosoldada.
- El criterio de investigación considera la aplicación del Software Geomecánico durante la ejecución de los trabajos programados con simulaciones que podrá determinar el análisis de estabilidad.
- Basado en las consideraciones anteriores el tipo de sostenimiento a aplicarse en la zona Cerro de Pasco es la aplicación de sostenimiento mecanizado pernos de anclaje Split set de 7 pies de longitud.
- Según las consideraciones de estudios en geomecánica se vale de los herramientas científicas de uso universal como: La Clasificación Geomecánica de Bieniawski de 1989 (RMR), Índice Q de Barton y Índice Geológico de Resistencia (GSI).
- Con la caracterización geomecánica para los tajeos de producción en la EA Cerro SAC, se tiene roca tipo III, a los análisis realizados con los softwares, mapas geomecánicos in situ y aplicando las clasificaciones geomecánicas se considera aplicar el sostenimiento mecanizado con pernos de anclaje Split set para una sección de 40x4 m, con avances de 10' y sostenimiento al tope del frente.
- Para la aplicación del sostenimiento considerar el relleno hidráulico cementado en las labores adyacentes explotadas que permitirán mayor estabilidad e incrementando su Factor de Seguridad en los tajeos de producción de la EA Cerro SAC.

Anexo 8

Características técnicas de Split Set

Ferroc estabilizador - Firrock (Split Set) PRODAC.



El Firrock es un sistema estabilizador de rocas que actúa o transfiere su carga por fricción; consiste en un tubo marcado longitudinalmente, con un extremo cóncavo para ser insertado en la perforación. El otro extremo lleva un anillo soldado que sirve para sujetar la planchuela de acero.

Aplicaciones y usos:

- Excavaciones subterráneas.
- Estabilización de taludes en obras de superficie.

Ventajas:

- Su simple diseño permite una fácil instalación a bajo costo y no requiere de ajustes.
- Fácil inspección visual de su comportamiento.
- Actúa sobre el macizo rocoso inmediatamente después de su instalación.
- Se obtiene una transferencia de carga en toda su longitud.
- Permite el drenaje de agua que proviene de paredes y techos de las labores mineras.
- No requiere de torques ni rotación.
- Ejerce una fuerza axial y radial sobre la roca.
- Fácil instalación con mallas.

Especificaciones Técnicas

DESCRIPCIÓN	FR 30	FR 40
LONGITUD (M)	HASTA 3.0	HASTA 3.2
Dámetro exterior tubo (mm)	30.5 mm ± 0.5	40.5 mm ± 0.5
Espesor externo tubo (mm)	2.0	3.0
Dámetro anillo (mm)	6.0	8.0
Grado de acero Firrock	ASTMA 1011 Class 1	ASTMA 1011 Class 1
Grado de acero planchuela	ASTM A 36	ASTM A 36
Dimensiones de planchuela (mm)	100 x 150 x 4.5	100 x 150 x 4.5
Límite de Servicio (MPa)	203	203
Límite de ruptura (MPa)	320	320
Peso (kg/m)	1.70	2.80

Copyright © 2004 by PRODAC, Inc. www.prodac.com

Anexo 9

Plano de Sostenimiento con Split set en roca tipo III

