

“AÑO DEL BUEN SERVICIO AL CIUDADANO”

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA

(Creada por ley N° 25265)

FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS CIVIL AMBIENTAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

“APLICACIÓN DE LA GEOMECÁNICA EN LOS FRENTES DE AVANCES DE CARBÓN PARA PREVENIR ACCIDENTES POR DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS EN LA CIA. MINERA REYNA CRISTINA – ANCASH”

**LINEA DE INVESTIGACIÓN
MINERÍA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

PRESENTADO POR:

Bach. FABIÁN FLORES, Edwin Ricardo

Bach. GUERRERO PORRAS, Jhoel Paúl

ASESOR:

Dr. GAVE CHAGUA, José Luis

LIRCAY - HUANCAMELICA

2017



ACTA DE SUSPENSIÓN DE LOS BACHILLEROS

FABIAN FLORES EDWIN RICARDO

BENARDINO JOHANNES JHONEL PAUL



EN LA CIUDAD DE LIRCAY EN EL PARAJE DE LA FIMCA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA A LOS 18 DIAS DEL MES DE AGOSTO DEL 2016 SIENDO LAS 04:00 P.M., SE REUNIERON LOS MIEMBROS DEL JURADO CALIFICADOR CONFORMADO POR EL MSC ING. ROSMEO HUAMANIZA ESPINOZA COMO PRESIDENTE MSC ING. CESAR SALVADOR GUERRIN IBÁÑEZ COMO SECRETARIO Y EL MSC ING. LUIS ULLANINA ACERANTE LUMC COMO VOCAL. SEGUIENDAMENTE SE DA LECTURA A LA RESOLUCIÓN DE CONSEJO DE FACULTAD N° 261 - 2016 - FIMCA - UNH OBTENIENDO EL PRESIDENTE JURADO CALIFICADOR DE VEINTIDOS VOTOS PARA LA SUSPENSIÓN DE LA TESIS DENOMINADA "APLICACIÓN DE LA GEODINAMICA EN LOS FRENTE DE AVANCE DE CARBON PARA PREVENIR ACCIDENTES POR DESPRENDIMIENTO DE ROCA EN LA CUA ULLANINA ROYAN CRISTINA - ANCOASH". A LOS BACHILLEROS FABIAN FLORES EDWIN RICARDO Y BENARDINO JOHANNES JHONEL PAUL. CONCLUIDA LA SUSPENSIÓN SE PASA A LA SIGUIENTE FASE QUE ES LA RONDA DE PREGUNTAS LAS CUALES SON RESPONDIDAS POR LOS SUSPENDIDOS SEGUIENDAMENTE SE INVITA AL PUBLICO Y A LOS SUSPENDIDOS ABANDONAR EL AUDITORIO POR UNOS MINUTOS PARA LA DELIBERACIÓN DEL RESULTADO DE LA SUSPENSIÓN, ACDO SEGUIENDO SE INVITA A REBORNAR AL AUDITORIO PARA LA LECTURA DEL ACTA DE SUSPENSIÓN SIENDO EL RESULTADO APROBADO POR ULLANINA ACERANTE LUMC SE DA POR CONCLUIDA LA SUSPENSIÓN DE LA TESIS. SIENDO LAS 7:00 P.M. SE FIRMAN LA PRESENTE EN SEÑAL DE CONFIRMACIÓN

MSC ING. ROSMEO HUAMANIZA ESPINOZA MSC ING. CESAR SALVADOR GUERRIN IBÁÑEZ MSC ING. LUIS ULLANINA ACERANTE
PRESIDENTE SECRETARIO VOCAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS CIVIL AMBIENTAL
SECRETARIO DOCENTE
CERTIFICO QUE LA PRESENTE ES COPIA FIEL DE
LA ORIGINAL QUE TENGO A LA VISTA
Ing. Andres Zosimo Nahui Gaspar
SECRETARIO DOCENTE
FIMCA UNH

01 DIC. 2016

DEDICATORIA

A mis padres Delia y Pio por conformar el pilar más importante en mi vida, quienes con sus consejos han sabido guiarme para culminar mi carrera profesional y lograr mis metas.

Jhoel.

A mis padres Amadeo y Flora, que desde el cielo derraman sus bendiciones, a mi esposa Yanett y a mi adorada hija Melany, quienes fueron mis dos pilares para seguir adelante y lograr mis metas.

Fabián.

AGRADECIMIENTO

Primer lugar a Dios por darnos la vida y en ella lograr muchos éxitos con su infinita misericordia y ayuda.

Siempre resulta difícil de agradecer a aquellas personas que han colaborado con un proceso, con un trabajo, porque nunca alcanza el tiempo, el papel o la memoria para mencionar o dar justicia a todos los créditos y méritos a quienes se lo merecen.

Partiendo de esta limitación y diciendo de antemano MUCHAS GRACIAS a todos(a) las personas que de alguna u otra forma, todos me brindaron su ayuda, apoyo y confianza para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Así también mi gratitud a los administradores y trabajadores de la CIA. MINERA REYNA CRISTINA – ANCASH, ya que grupos humanos con el aporte de sus conocimientos, tecnologías y experiencias hacen que la explotación de carbón y la minera continúe sus operaciones y al mismo tiempo nos brindan la oportunidad y el apoyo para conocer la tecnología de la actividad minera no metálica.

De la misma forma agradecer a nuestra alma mater, que a través de sus docentes nos brindó los conocimientos teóricos y prácticos para nuestro desempeño en nuestra carrera profesional.

Y finalmente al Señor Asesor Dr. GAVE CHAGUA, José Luís, por su orientación para el desarrollo de la presente tesis.

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la CIA. MINERA REYNA CRISTINA – ANCASH. Actualmente tiene un programa de incrementar la producción en la explotación de carbón hasta 5000tm/mes; dicho programa comprende por un indeterminado tiempo a partir del 2012, como objetivo principal del presente trabajo es determinar los beneficios de la aplicación de la geomecánica para prevenir los accidentes en los frentes de avances por desprendimientos de rocas en la explotación de carbón, ya que actualmente las vetas de producción están en condiciones de inestabilidad del macizo rocoso y el desconocimiento de la geomecánica y sus facilidades de emplear por el personal que labora en mina.

La investigación desarrollada corresponde a la metodología investigación científica, cuyo problema es ¿De qué manera la aplicación de la geomecánica influye en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina? Planteado como objetivo: Determinar la influencia de la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina.

La investigación es aplicada de nivel descriptiva – explicativa con diseño Pre - experimental de un solo grupo con población 30 trabajadores. Además se realizó encuestas al grupo de trabajadores de estudio, el procesamiento de datos se realiza con Minitab 10, y contratación de hipótesis con la prueba de “t” de Student, los resultados siendo satisfactorias que se mostraran en la prueba de hipótesis, así mismo los índices anuales acumulados. Producto del conocimiento de accidentabilidad, se determina la implementación y aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón, se ejecutara en capacitaciones y encuestas, teórica y práctica, en cuanto a las tablas geomecanicas aplicadas son las de RMR y GSI.

Para ello se hizo la evaluación de los estados actuales de la mina, la ejecución de las investigaciones geomecanicas en los frentes de avance en la explotación de carbón, la evaluación de las características geomecanicas y el cuadro comparativo de accidentes por el área de seguridad, de la misma manera que se verifique la inestabilidad de las cajas en los frentes de carbón que está siendo explotado por el método corte y relleno ascendente.

Este aporte trae consigo a incrementar el porcentaje de explotación, disminuyendo los accidentes y pérdidas generadas por desprendimientos de rocas.

Estos estudios geomecánicos y ensayos de laboratorio aportan considerablemente a la producción mensual de la mina, en condiciones estables y seguras, sobre todo disminuir y prevenir los accidentes por desprendimientos de rocas.

Palabras claves:

Geomecánica, prevención de accidentes por desprendimientos de rocas, carbón (antracita) minería no metálica.

ABSTRAC

The present work was carried out in the CIA. MINERA REYNA CRISTINA - ANCASH. Currently has a program to increase production in the coal operation up to 5000tm / month; This program comprises for an indeterminate time from 2012, as the main objective of the present work is to determine the benefits of the application of geomechanics to prevent accidents on the fronts of breakthroughs by rocks in coal mining, The production veins are in conditions of instability of the rocky massif and the ignorance of the geomechanics and its facilities to be employed by the personnel working in the mine.

The research developed corresponds to the methodology scientific research, whose problem is how the application of geomechanics influences the fronts of advances of coal to prevent accidents by rocky detachments in the CIA. Minera Reyna Cristina? Aimed at: To determine the influence of the application of geomechanics on the fronts of coal advances to prevent accidents due to rocky landslides in the CIA. Minera Reyna Cristina.

The research is applied at a descriptive - explanatory level with a Pre - experimental design of a single group with a population of 30 workers. In addition, surveys were carried out on the group of study workers; data processing was performed with Minitab 10, and recruitment of hypothesis with Student's t-test, the results being satisfactory that were shown in the hypothesis test, as well the accumulated annual indices. Product of accidentability knowledge, it is determined the implementation and application of geomechanics in the fronts of coal advances, will be carried out in training and surveys, theoretical and practical, as far as the applied geomechanical tables are RMR and GSI.

For this purpose, the evaluation of the current state of the mine, the execution of geomechanical investigations in the fronts of advancement in coal mining, the evaluation of the geomechanical characteristics and the comparative table of accidents by the area of safety were carried out. The same way that the instability of the boxes in the coal fronts is being verified that is being exploited by the cut and fills up method.

This contribution brings with it to increase the percentage of exploitation, reducing the accidents and losses generated by rocky landslides.

These geomechanical studies and laboratory tests contribute significantly to the monthly production of the mine, in stable and safe conditions, especially to reduce and prevent rock fall accidents.

Keywords:

Geomechanics, prevention of accidents due to rocks, coal (anthracite) non-metallic mining.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación “APLICACIÓN DE LA GEOMECÁNICA PARA PREVENIR ACCIDENTES EN LOS FRENTE DE AVANCES DE CARBÓN POR DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS EN LA CIA MINERA REYNA CRISTINA - ANCASH”.

Tiene como la finalidad la prevención de accidentes, en el área de trabajo. En toda explotación minera como metálica y no metálica, la aplicación de la geomecánica es un factor muy importante para determinar el tipo de sostenimiento en los frentes de avances que incrementa la producción pero que a la vez es un proceso esencial para proteger de accidentes al personal y al equipo. Para su mayor comprensión, la presente investigación se ha dividido en 4 capítulos los cuales son los siguientes:

Cuyo desarrollo es de cuatro capítulos que brevemente lo resumo a continuación.

El Capítulo I, desarrolla aspectos generales enfocados a la problemática de la investigación, considerando aspectos como: identificación y planteamiento del problema, formulación del problema, objetivos y justificación. El Capítulo II, trata sobre el marco teórico considerando antecedentes del problema, bases teóricas, tratando aspectos como: La aplicación de la geomecánica en frentes de avances, para reducir, prevenir accidentes en la explotación de carbón ya que actualmente las vetas de producción están en condiciones de inestabilidad del macizo rocoso y el desconocimiento de la geomecánica y sus facilidades de emplear por el personal que labora en mina, la formulación de la hipótesis y sus variables. El capítulo III, describe la metodología de la descripción comprendiendo el ámbito de estudio, tipo de investigación, nivel de investigación, método de investigación, diseño de investigación, población, muestra, técnicas de procesamiento y análisis de datos. El capítulo IV, resalta los resultados obtenidos y las discusiones tales como el cuadro comparativo de reducción de accidentes con la aplicación de la geomecánica en los frentes de avance de carbón y así mismo la contratación de la hipótesis para la toma de decisiones.

Los autores.

ÍNDICE

	Pag.
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Resumen.....	V
Abstrac.....	VII
Introducción.....	IX
Índice.....	X

CAPITULO I: PROBLEMA

1.1. Planteamiento del Problema.....	15
1.2. Formulación del Problema.....	16
1.2.1. Problema general.....	16
1.2.2. Problemas específicos.....	16
1.3. Objetivo: General y Específicos.....	17
1.3.1. Objetivo general.....	17
1.3.2. Objetivos específicos.....	17
1.4. Justificación.....	17

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.....	21
2.2. Bases Teórica.....	28
2.3. Hipótesis.....	94
2.3.1. Hipótesis general.....	94
2.3.2. Hipótesis específicos.....	94
2.4. Definición de Términos.....	95
2.5. Identificación de Variables.....	100
2.5.1. Variable independiente.....	100
2.5.2. Variable dependiente.....	100

2.6. Definición Operativa de Variables e Indicadores.....	101
---	-----

CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de Investigación.....	102
3.2. Tipo de Investigación.....	102
3.3. Nivel de Investigación.....	102
3.4. Método de Investigación.....	102
3.5. Diseño de Investigación.....	103
3.6. Población, Muestra, Muestreo.....	103
3.7. Técnicas e instrumentos de Recolección de Datos.....	104
3.8. Procedimiento de Recolección de Datos.....	105
3.9. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	105

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados.....	106
4.2. Discusión de los trabajos preliminares de sostenimiento.....	109
4.3. Contrastación de la hipótesis.....	131
Conclusiones.....	135
Recomendaciones.....	136
Referencias bibliográficas.....	137
Anexos.....	138
Matriz de consistência.....	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Muestra del Macizo Rocoso.....	35
Figura N° 02: Macizo Rocoso.....	36
Figura N° 03: Planos de estratificación.....	36
Figura N° 04: Fallas presentes en la estructura rocosa.....	37
Figura N° 05: Diaclasas en la estructura rocosa.....	37

Figura N° 06: Planos de foliación.....	37
Figura N° 07: Zona de contacto.....	38
Figura N° 08: Orientación de discontinuidades.....	38
Figura N° 09: Espaciado de una discontinuidad.....	39
Figura N° 10: Persistencia de una discontinuidad.....	39
Figura N° 11: Diferencia de rugosidad en una misma roca.....	40
Figura N° 12: Apertura de una discontinuidad.....	40
Figura N° 13: Brecha de falla.....	41
Figura N° 14: Sostenimiento con puntal.....	66
Figura N° 15: Modelo de instalación del Wood packs.....	68
Figura N° 16: Cuadro recto.....	69
Figura N° 17: Cuadro cónico.....	70
Figura N° 18: Cuadro cojo.....	70
Figura N° 19: Conjunto de cuadros.....	71
Figura N° 20: Sostenimiento de los pilares.....	73
Figura N° 21: Origen de la formación del carbón.....	87
Figura N° 22: Formación del carbón.....	88
Figura N° 23: Formación del carbón y los límites temporales.....	90
Figura N° 24: Cuadro completo de madera con dimensiones para el sostenimiento.....	110
Figura N° 25: Clasificación geomecánica RMR.....	114
Figura N° 26: Determinación del tipo de sostenimiento.....	115
Figura N° 27: Datos procesados en el Dips.....	125
Figura N° 28: Ubicación de los puntos en el Dips.....	126
Figura N° 29: Distribución de T standing.....	134

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 01: Rango de Macizo rocoso (RMR).....	42
Cuadro N° 02: Valor del RQD.....	44
Cuadro N° 03: Descripción de espaciamientos.....	45
Cuadro N° 04: Descripción de Separación.....	46

Cuadro N° 05: Bieniawski ha propuesto la siguiente clasificación.....	47
Cuadro N° 06: Parámetros de la clasificación del RMR.....	48
Cuadro N° 07: Índice de calidad de roca.....	51
Cuadro N° 08: Índice del número de familias de fracturas.....	51
Cuadro N° 09: Índice de rugosidad en las fracturas.....	52
Cuadro N° 10: Índice de alteración de las paredes de las fracturas.....	53
Cuadro N° 11: Índice del caudal afluente.....	54
Cuadro N° 12: Factor de reducción de esfuerzos.....	54
Cuadro N° 13: Factor por reducción de esfuerzos.....	55
Cuadro N° 14: Clasificación de la roca.....	57
Cuadro N° 15: Resistencia compresiva Uniaxial de la roca intacta.....	60
Cuadro N° 16: Ubicación de las potencias de los mantos.....	106
Cuadro N° 17: Ubicación de trabajos a realizar en el Manto Carito 2.....	107
Cuadro N° 18: Ubicación de los trabajos a realizar en el Manto Carito 1.....	108
Cuadro N° 19: Sección y parámetros de sostenimiento.....	109
Cuadro N° 20: Sección y parámetros de sostenimiento.....	110
Cuadro N° 21: Resultado de los análisis de muestra de carbón.....	111
Cuadro N° 22: Sistema de clasificación de rocas por el sistema RMR.....	112
Cuadro N° 23: Resumen del formato de mapeo geomecánico Rango Macizo Rocoso (RMR).....	113
Cuadro N° 24: Datos tomados en diferentes galerías.....	122
Cuadro N° 25: Estadística de seguridad antes de ejecutar el proyecto.....	127
Cuadro N° 26: Estadística de seguridad de Enero – Diciembre del 2014 antes de aplicar el proyecto.....	128
Cuadro N° 27: Cuadro estadístico de seguridad 2015.....	130
Cuadro N° 28: Datos estadísticos de Accidentes Acumulados en el 2014.....	132
Cuadro N° 29: Datos estadísticos de Accidentes Acumulados Enero – Octubre 2015.....	132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Características geotécnica del macizo rocoso según el grado de fracturamiento y resistencia (se toma en cuenta la condición de discontinuidades).....	61
Tabla N° 02: Correlación entre los índices RMR v/s. Q.....	62
Tabla N° 03: Resumen del formato de mapeo geomecánico de índice de resistencia geológica (GSI).....	117
Tabla N° 04: Tabla de geomecánica GSI.....	118
Tabla N° 05: Diseño del tipo de sostenimiento.....	120
Tabla N° 06: Tiempo de auto sostenimiento.....	121

CAPITULO I

PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

A nivel nacional; para realizar el presente estudio se ha hecho un recorrido visitando y tomando datos de más de 20 minas de carbón en la serranía de los departamentos de la libertad, Áncash y Amazonas, a fin de tomar conocimiento in situ de la forma cómo se vienen explotando las minas de carbón actualmente en el área estudiada.

De todas las minas visitadas y estudiadas, la única que está operando con las técnicas debidas y haciendo una explotación racional, es la cía. black hill co. Las demás, son trabajadas por mineros artesanales o informales quienes vienen explotando los afloramientos de carbón, por estar emplazados en sus respectivos terrenos superficiales. Se pudo verificar también, que a los acopiadores no les interesan las formas ni los métodos de producción del carbón, propiciándose así el trabajo en condiciones totalmente deplorables, sin un ápice de seguridad y racionalidad, en algunos casos también inhumanos, hasta se pudo encontrar menores de edad realizando trabajos mineros en dichos socavones. E. Mauro Giraldo P. Wilfredo Blas (2007).

Independientemente: La minería no metálica es, sin duda una de las actividades de más alto riesgo que el hombre realiza por falta de una asesoría técnica activa, para la actividad de la explotación de carbón (antracita) para prevenir accidentes y perdidas originados por desprendimientos de rocas, derrumbes, deslizamientos, soplado de mineral o escombros que ocasionan severas lesiones al personal, incluso causando la muerte las cuales se ven perjudicadas por la pérdida de su recurso más valioso (el hombre).

Los desprendimientos de rocas es uno de los problemas que se presentan a diario en los frentes de avances en la explotación de carbón generando accidentes y

pérdidas de equipos y materiales afectando directamente a la producción, por no prevenir a tiempo utilizando las facilidades que nos ofrece la ciencia, como la geomecánica que actualmente no se aplica en la CIA. Minera Reyna Cristina en un 100% como un medio de prevenir los desprendimientos de rocas.

La geomecánica es una herramienta muy valiosa que nos va permitir establecer dimensiones adecuadas de las labores mineras, establecer la dirección general de avance del minado a través de las vetas de carbón especificando el sostenimiento adecuado y asegurar el tipo de sostenimiento de la masa rocosa para asegurar la eficiencia de las operaciones en los frentes de avances en la explotación de carbón.

Debido a que el proceso de avance, explotación y profundización de la mina viene acompañado de problemas de inestabilidad de la masa rocosa en los frentes de avance, se desarrolla una clasificación geomecánica del depósito para proporcionar un importante aporte para el conocimiento y desarrollo de las actividades mineras no metálicas a futuro.

En este presente trabajo de investigación conoceremos como influye la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances en la explotación del carbón para prevenir accidentes por desprendimientos de rocas, considerando, los aspectos de operación, costos y seguridad, en la Cía. Minera Reyna Cristina.

Palabras claves: Carbón, antracita, minería no metálica.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

1.2.1. Problema general:

¿De qué manera la aplicación de la geomecánica influye en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina?

1.2.2. Problema específico:

- a) ¿Cómo influye la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes leves por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina?

- b) ¿Cómo influye la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes incapacitantes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina?
- c) ¿Cómo influye la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes fatales por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina?

1.3. OBJETIVOS, GENERAL Y ESPECÍFICOS.

1.3.1. Objetivo general:

Determinar la influencia de la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina.

1.3.2. Objetivos específicos:

- a) Determinar la influencia de la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes leves por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina.
- b) Determinar la influencia de la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes incapacitantes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina.
- c) Determinar la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes fatales por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina.

1.4. JUSTIFICACIÓN.

Hoy en día la geomecánica juega un papel muy importante en la minería metálica y no metálica en la estabilidad de la masa rocosa, pues esta ciencia se encarga del estudio en forma global sobre el comportamiento del macizo rocoso y la prevención de desprendimientos de rocas producto de la inestabilidad del macizo rocoso, por ello la geomecánica se considera como una herramienta valiosa que nos permite entre otras cosas; establecer dimensiones adecuadas de las labores mineras,

establecer la dirección general del avance del minado a través del cuerpo mineralizado no metálico, especificar el sostenimiento adecuado de la masa rocosa involucrada en las operaciones mineras.

En muchas empresas mineras metálicas y no metálicas de nuestro país, están optando por una alternativa de aplicar la geomecánica en la prevención de accidentes y pérdidas lo cual se requiere métodos de sostenimiento rápido, seguro y de bajo costo.

Este estudio pretende contribuir con una alternativa de sostenimiento especialmente para terrenos de alto riesgo y factores limitantes, a costos competitivos y con las condiciones técnicas ventajosas en el uso de los diferentes tipos de sostenimientos en la explotación de carbón, para tal efecto se realizará a cabo una serie de análisis como; análisis geomecánica, en donde se incluye un sostenimiento adecuado para los frentes de avances en la explotación de carbón como; pernos de anclaje, malla metálica y el sostenimiento con madera; que permitirá la CIA. Minera Reyna Cristina; en prevenir accidentes y pérdidas de materiales y equipos por desprendimientos de rocas.

1.4.1. Justificaciones representadas según el decreto supremo N°055 de energía y minas (Título IV. Gestión de las Operaciones Mineras. Capítulo I. Estándares de las operaciones mineras. Sub capítulo Uno: Ingeniería de la masa rocosa en minería subterránea).

Artículo 209°.- Cuando en el avance de labores mineras horizontales, inclinadas o verticales y en el de las demás labores mineras, se encuentre rocas incompetentes, se procederá a su sostenimiento inmediato antes de continuar las perforaciones en el frente de avance, aplicando el principio de “**labor avanzada, labor sostenida**”. El titular minero establecerá el mínimo estándar de sostenimiento sistematizado que se adecue a las características de dichas rocas incompetentes. **La limpieza (carguío, acarreo) de labores horizontales e inclinadas, deberá realizarse con el uso de marchavantes y/o guarda cabezas.**

El sostenimiento de labores tiene que ser adecuadamente y segura para el personal, y cumplir con el metro avanzado metro sostenido.

Artículo 210°.- a) Que, de acuerdo al estudio geomecánico efectuado, en el plan de minado debe considerarse las condiciones más desfavorables de la masa rocosa del depósito mineralizado, para elegir el método de explotación de menor riesgo que permita la seguridad del personal y maquinarias, así como: una alta recuperación del mineral, la estabilidad de las excavaciones y la buena productividad.

Artículo 216°.- Los trabajos de recuperación de puentes y pilares, considerados como trabajos de alto riesgo, deben contar con un **estudio previo de geomecánica** y deben ser realizados por trabajador calificado, certificado y que cuente con **Permiso Escrito para Trabajo de Alto Riesgo (PETAR)**, de acuerdo al ANEXO N° 15. Dichos trabajadores deberán estar bajo la dirección permanente del supervisor responsable de la tarea en mención.

En el presente artículo se describe de que todo personal que realiza trabajo de alto riesgo tiene que contar con un petar, firmado por el ingeniero supervisor.

Artículo 220°.- Siendo el desprendimiento de rocas la principal causa de accidentes en las minas, se instruirá y obligará al personal a seguir las siguientes reglas de trabajo al ingresar a las labores:

- a) Inspeccionar las labores, taludes y botaderos, con el fin de verificar las condiciones del terreno antes de entrar en la zona no sostenida.
- b) Desatar todas las rocas sueltas o peligrosas antes, durante y después de la perforación. Asimismo, antes y después de la voladura.
- c) Conservar el orden y la limpieza en el área de trabajo para realizar las tareas con seguridad y tener las salidas de escape despejadas.

Artículo 221°.- Cuando los trabajos mineros pongan en peligro la estabilidad de las labores, **será obligatorio instalar y mantener un sostenimiento de acuerdo al diseño establecido en el plan de minado.**

Artículo 222°.- Cuando en el avance de labores mineras horizontales, inclinadas o verticales se encuentre rocas incompetentes **se procederá a su sostenimiento inmediato** antes de continuar las perforaciones en el frente de avance, aplicando el principio de “labor avanzada, labor sostenida”. La limpieza (carguío, acarreo) de labores horizontales e inclinadas deberá realizarse con el uso de marchavantes y/o guarda cabezas.

Artículo 223°.- Los soportes para los techos, paredes y/o pisos deben ubicarse de manera uniforme, **respetando las especificaciones técnicas de diseño establecido en el plan de minado.**

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES.

2.1.1. A nivel internacional:

Se tiene la siguiente investigación.

“Modelo de un programa de seguridad e higiene para la minería subterránea del carbón en Colombia” presentado por: Nancy Moreno Chacón Lima – Perú 2011.

Actualmente en Colombia los problemas de salud ocupacional son presentados por las empresas que independientemente de su actividad económica, se encuentran clasificadas en diferentes clases de riesgos. La minería subterránea y a cielo abierto, son consideradas como actividades de alto riesgo. La minería subterránea del carbón en Colombia y los procesos tecnológicos incluidos han traído un aumento de los factores de riesgos en el ambiente laboral minero, las probabilidades de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales en la población expuestos; razón por el cual se elaboró la presente tesis como contribución para minimizar los accidentes de trabajo y enfermedades profesionales, en el mejoramiento de las condiciones de vida, trabajo y salud de los mineros y sus familias, siendo necesario estructurar una base de datos cuyo procesamiento y análisis estadístico de los accidentes de trabajo en las minas de carbón subterráneas, aplicando el software estadístico SPSS 18, resulta que los derrumbes, las explosiones de metano e incendios han constituido las mayores emergencias mineras atendidas por Ingeominas, siendo los departamentos más afectados el Norte de Santander, Antioquia y Boyacá y la causa de mayor fatalidad ha sido las explosiones de metano en los departamentos de Antioquia y Norte de Santander y los programas de seguridad y salud tomados como referencia y que actualmente se presentan en los países como: Perú, Chile, México y

España, aplicados al desarrollo de las actividades mineras muestran un gran compromiso en la prevención y protección de sus trabajadores ante la ocurrencia de accidentes y enfermedades que pueden resultar como consecuencia del trabajo que desarrollan y que tiene el trabajo como objetivos de recolectar y analizar información sobre estadística de accidentes ocurridos en la minería subterránea del carbón en Colombia. Ordenar, clasificar y sistematizar la información sobre estadísticas de accidentes y analizar e interpretar la ocurrencia de accidentes y los factores de riesgos presentes en la mina subterránea del carbón. Llegando a las conclusiones según datos registrado hasta el 2010 por la ARP. Privadas y oficiales, el número de enfermedades profesionales en el sector de la minería del carbón subterráneo y a cielo abierto en Colombia, se ha venido incrementando en los últimos años a causa de incumplimiento en las condiciones mínimas de seguridad a pesar de que el estado ha hecho esfuerzos sobre el tema de enfermedades profesionales, llegando a generar un nuevo decreto el 2566 del 2009, que amplía, conceptúa y clasifica las enfermedades profesionales. Los programas de seguridad y salud que actualmente se presentan en los países como: Perú, Chile, México y España, aplicados al desarrollo de las actividades mineras, muestran un gran compromiso en la prevención y protección de sus trabajadores ante la ocurrencia de accidentes y enfermedades que pueden resultar como consecuencia del trabajo que desarrollan y finalmente este modelo de programa de seguridad y salud minera, para la pequeña y mediana minería subterránea del carbón, contribuye al mejoramiento continuo de la seguridad en los sitios de trabajo puesto que facilita la planeación, evaluación, desarrollo e implementación y monitoreo del mismo.

2.1.2. A nivel nacional:

Se tiene las siguientes investigaciones.

“Desprendimiento de rocas que generan accidentes fatales en la minería Peruana”

Elaborado por: Bach. Ewes Blas, Luis Alejandro; Huaraz – Perú, 2011.

El objetivo del presente trabajo de investigación fue en presentar sus resultados obtenidos en la caracterización del macizo rocoso, frente a la problemática de muertes prematura de trabajadores en la minería peruana, así como también en la Mina Huanzalá y sabiendo que estos eventos significan daños a la salud y afectación a la producción y su crecimiento y que asimismo se podrá aplicar a otras minas subterráneas a nivel regional y nacional. Llegando a una conclusión en reducir los accidentes usando las herramientas adecuadas de la geomecánica como establecer dimensiones adecuadas de las labores mineras, establecer la dirección general de avance del minado a través del cuerpo mineralizado, especificar el sostenimiento adecuado, asegurar el rendimiento adecuado de la masa rocosa involucrada con las operaciones, etc.

“Aplicación de la geomecánica para el mejoramiento del sistema operativo del yacimiento madrugada de la UEA. Admirada Atila minera Huinac SAC. 1998”

Realizado por: Jesús Gerardo Vizcarra Arana, Luis Alberto Torres Yupanqui, Arnaldo Alejandro Ruiz Castro, José Daga Huaricanha.

El presente trabajo de investigación descriptivo, analítico y cuasi experimental tiene por objetivo aplicar la geomecánica al yacimiento minero Madrugada, toda vez que la UEA (Unidad Económica Administrativa). Admirada Atila aplicando métodos subterráneos para la explotación de su yacimiento polimetálico con contenidos de minerales de plomo, plata zinc y cobre y teniendo como objetivo, de conocer las consideraciones reales cualitativas y cuantitativas de macizo rocoso en el cual viene aplicando sus operaciones de minado, tan necesario en la actualidad para realizar trabajos que optimicen los resultados técnicos de operación y por ende consideraciones económicas que optimicen los resultados.

Los estudios geomecánicos están referidos a la determinación de las características del macizo rocoso, mediante el análisis litológico estructural

del mismo, para posteriormente establecer las características del comportamiento mecánico del macizo rocoso y del mineral y finalmente realizar la determinación de los dominios estructurales, para establecer el factor de seguridad del macizo rocoso frente a la apertura de la labores mineras; llegando a la conclusión:

Se determinó las características geomecánicas del macizo rocoso(mineral-roca), obteniendo los valores de los parámetros geomecánicos del criterio de Mohr y Coulomb, así como también al criterio de falla de Hoek Brown, para los tres componentes del macizo rocoso de la mina Madrugada, determinándose un promedio de roca regular y mineral de calidad regular.

Los valores obtenidos por los índices de clasificaciones geomecánicas RMR y Q, demuestran la similitud entre ambos sistemas de clasificación dándole una mayor confiabilidad a los resultados obtenidos por lo que se ha evaluado para determinar la calidad del macizo rocoso de las rocas encajonante y del mineral componente del macizo rocoso y finalmente contribuir al conocimiento de la caracterización del macizo rocoso mediante el sistema de estandarizada por el ISRM (Society International For Rock Mechanis's) analizando los parámetros cuantificados de la calidad del macizo rocoso mediante el análisis de estabilidad con el software del phase II, que nos determinara la estabilidad mediante el FS-Factor de seguridad.

“Geomecánica aplicada en la prevención de pérdidas por caídas de rocas mina Huanzalá Cía. Minera Santa Luisa S.A.”

Realizado por el Ing. Bustamante Murillo, Aquilino, Lima – Perú 2008.

La minería es sin duda una de las actividades de más alto riesgo que el hombre realiza. Las estadísticas indican que la causa más 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 estos (14 fatalidades) fue por desprendimientos de rocas, 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. Lamentablemente las consecuencias de este accidentes no son por menores, por el contrario ocasionan severas lesiones al personal, incluso la muerte. Estos hechos afectan a las empresas mineras, las cuales se ven perjudicadas por la pérdida de su recurso más valioso el hombre y teniendo como principal objetivo del presente trabajo de investigación de lograr una producción eficiente y una buena productividad en las operaciones de la mina Huanzalá sin lesiones personales, daños a equipos, ni paradas de las operaciones. Todo ello mediante un adecuado control de estabilidad de la masa rocosa en las labores mineras, tales como:

- Control de las dimensiones adecuadas de las diferentes labores, rampas, accesos, tajeos. Etc.
- Cumplimiento del sistema de sostenimiento de acuerdo a las recomendaciones del área de geomecánica; pernos de anclaje, cable bolting, shotcrete, vía seca y húmeda y el enmallado de acuerdo al tipo de roca y labores.

Cumplir con la producción planeada en forma diaria, sin sacrificar la seguridad para cumplir con la producción. Motivar al personal de la mina Santa Luisa, en el uso de técnica de manejo de riesgos para que de esta manera pueda prevenir los accidentes llegando a las conclusiones. El software Phase2 es una herramienta importante que permite determinar entre otras cosas el tipo de sostenimiento de labores, tipo de voladura a realizar, determinar la sección de excavaciones subterráneas a realizar. Durante el año 2007 el Ministerio de Energía y Minas registro 62 accidentes fatales, registrándose una ligera reducción en comparación al año anterior que ocurrió 66 accidentes fatales. Difundir a los trabajadores de la organización y en forma especial al personal de mina, la importancia de la geomecánica como una herramienta importante en el control de caída de rocas.

“La geomecánica en el sostenimiento en la mina Ricotona Lambrama 2016.” Presentado por: Blas Placido Ccorahua.

El presente trabajo de investigación se realiza por motivos de que en la minera artesanal han ocurrido problemas de desprendimientos de rocas, muchas de ellas han causado la pérdida de muchos trabajadores. El mecanismo de investigación que se realizara de forma cualitativa y cuantitativa y los estudios de geomecánica están referidos a la determinación de las características del macizo rocoso mediante el análisis litológico estructural del mismo y del mineral, para posterior establecer las características del comportamiento mecánico del macizo rocoso y del mineral, teniendo como objetivo general la determinación de los parámetros geomecánicos RMR de Bieniawski y RQD para la selección del sistema de sostenimiento y se tiene como objetivos específicos los siguientes:

Determinar la resistencia a la compresión simple del macizo rocoso estudiada, determinar el sistema con cuadros y puntales de madera y proponer el tipo de sostenimiento que pueda realizarse según el estudio del macizo rocoso. Finalmente se determinara los dominios estructurales para establecer un factor de seguridad del macizo rocoso frente a la apertura de la labor con un sistema de sostenimiento para un adecuado proceso de minado. Llegando a las siguientes conclusiones. Con la aplicación de la geomecánica se determinó el sistema de sostenimiento adecuado en la mina Ricotona de Lambrama, haciendo los análisis necesarios de los parámetros geomecánicos del RMR y RQD los cuales determinaron el sostenimiento con cuadros y puntales de madera así mismo se concluye que las características del macizo rocoso son las que determinaron el sostenimiento con cuadros de madera, además este tipo de sostenimiento se realizaran en los lugares específicos de la labor minera donde la labor es más inestable y finalmente se concluye que los elementos de sostenimiento garantiza la estabilidad de la labor en la mina Ricotona por un periodo de tiempo necesario para la extracción del mineral.

“Geomecánica en el minado subterráneo caso mina Condestable”

Presentado por: Ing. Néstor David Córdova Rojas. Lima – Perú 2008.
La mecánica de rocas o más ampliamente la geomecánica, tal como se le

conoce en la actualidad, es una disciplina que en las últimas tres décadas ha tenido grandes progresos, convirtiéndose en una herramienta tecnológica más en la industria minera. Para su aplicación efectiva al minado subterráneo a donde se dirige la presente tesis, las actividades geomecánicas que se realizan en una mina deben ser conducidas en un medio ambiente organizacional que permita la integración de conceptos, información y actividad analítica de parte de todo el personal involucrado con la explotación de la mina.

Basado en la experiencia del autor de esta tesis a través de numerosos estudios e investigaciones realizadas en nuestro país y del extranjero y basado también en la revisión de la literatura especializada, se ha tratado aquí de sistematizar la metodología de la aplicación de la geomecánica al minado subterráneo, para luego llevar esta metodología al caso de la mina Condestable, buscando alternativas de solución a los problemas geomecánicos encontrados en esta mina y teniendo los siguientes objetivos:

Establecer los aspectos fundamentales de la geomecánica en el minado subterráneo. Establecer la metodología de aplicación de la geomecánica al minado subterráneo y utilizar la metodología establecida en un caso práctico: caso mina Condestable.

Llegando a las conclusiones que: La ingeniería de minas moderna ha adoptado a la geomecánica como una herramienta tecnológica importante para lograr mejores condiciones de seguridad y eficiencia en las operaciones mineras. Las actividades geomecánicas que se realizan en una mina subterránea requieren ser conducidas en un medio ambiente organizacional que permite la integración de conceptos, información y actividad analítica de parte del personal involucrado con la explotación de la mina de la misma manera se concluye que un programa efectivo debe estar orientado al establecimiento de planes de minado coherentes y también a establecer los estándares de los diferentes parámetros geomecánicos relacionados con el minado y finalmente se concluye que los componentes de un programa geomecánico involucran: La caracterización del sitio, la formulación del

modelo de mina, los análisis de diseño, el monitoreo del rendimiento de roca y los análisis retrospectivo. Dentro de este esquema adquiere mucha importancia la preparación de la información geomecánica básica para los análisis de diseño.

2.2. BASES TEÓRICAS.

2.2.1. Artículos relacionados a Geomecánica de Rocas contenidos en el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional Aprobado por D.S N° 055-2010-EM, dice que:

Los trabajos en labores subterráneas serán programados sólo si se cuenta con estudios previos de geomecánica, los cuales deberán ser actualizados mensualmente o en un plazo menor si el caso lo amerita. Asimismo, deberá publicarse en cada labor las tablas o planos geomecánicos que indiquen la calidad de roca, el estándar y PETS para la ejecución de un trabajo bien hecho. Los estudios así como los reglamentos internos de trabajo, estándares y PETS deberán ser suscritos por ingenieros colegiados y habilitados.

Artículo 216°.- Los trabajos de recuperación de puentes y pilares, considerados como trabajos de alto riesgo, deben contar con un estudio previo de geomecánica y deben ser realizados por trabajador calificado, certificado y que cuente con Permiso Escrito para Trabajo de Alto Riesgo (PETAR), de acuerdo al ANEXO N° 15. Dichos trabajadores deberán estar bajo la dirección permanente del supervisor responsable de la tarea en mención.

2.2.2. ¿Qué es la Geomecánica?, es Mecánica de Rocas.

Según la U.S. National Comité on Rocks Mechanics. (1974). “La mecánica de rocas es la ciencia teórica - práctica aplicada al comportamiento mecánico de la roca y de los macizos rocosos; es aquella rama de la mecánica que trata con la respuesta de la roca y de los macizos rocosos al campo de fuerzas en su entorno físico”.

Geomecánica = Mecánica de Rocas + Conjunto de Ciencias afines:
Geología, Hidrología, Yacimientos Minerales, etc.

2.2.3. Como se conceptualiza la geomecánica actualmente.

Según la U.S. National Comité on Rocks Mechanics. (1974). Hoy en día la geomecánica juega un rol muy importante en la ingeniería minera e ingeniería civil; particularmente constituye la base científica de la ingeniería minera, ya que a diferencia de la ingeniería civil, tiene sus propias peculiaridades, guiados por el concepto “vida de la operación”.

La aplicabilidad de la geomecánica beneficia el aspecto de la seguridad minera, ya que la aplicabilidad de esta ciencia, garantiza el análisis adecuado para el control de estabilidad de las excavaciones subterráneas y superficiales.

Todo Diseño Minero y/o Civil debe tomar el factor geomecánico como herramienta clave para un diseño correcto. El grado de seguridad en minas es vital para la seguridad de los trabajadores y equipos. “Geomecánica es hacer Seguridad”.

2.2.4. Causas del desarrollo de la Geomecánica.

Según la U.S. National Comité on Rocks Mechanics. (1974).

- ❖ Incremento de la actividad científica a través de teorías, métodos, instrumentación, procedimientos de medición y software geomecánicos.
- ❖ Incremento del tamaño y volúmenes de producción de las operación mineras, subterráneas y superficiales. Control de la estabilidad global del yacimiento.
- ❖ Necesidad de explotación de recursos minerales en ambientes desfavorables de minado. Condiciones desfavorables ambientes de alta ley.
- ❖ La conservación del recurso humano y la seguridad industrial.

- ❖ Implementación de la estabilidad global del yacimiento. Estándares Seguridad.
- ❖ Desarrollo de nuevas técnicas de sostenimiento mecanizados.
- ❖ Aplicación de nuevas tecnologías de excavación de roca: Voladuras.

2.2.5. Beneficios de la Geomecánica:

Según la U.S. National Comité on Rocks Mechanics. (1974).

La aplicación de la geomecánica, beneficiará a las diversas áreas operativas de la Compañía Minera, beneficiándolas en los siguientes aspectos:

- ❖ Garantizar la seguridad durante la excavación de las labores mineras, a través del análisis de deformaciones, niveles de esfuerzos, tensiones, etc.
- ❖ Definición de las aberturas máximas y tiempos de auto soporte de las excavaciones mineras: ejecutadas y futuras a ejecutarse.
- ❖ Determinación de la estabilidad estructuralmente controlada de las labores de preparación y explotación, verificando en cada una de ellas la formación de bloques y cuñas inestables.
- ❖ Permitirá definir las orientaciones más favorables para el minado de las labores de preparación y desarrollo a ejecutarse.
- ❖ Permitirá definir las secuencias de explotación, tanto a nivel particular y global en el yacimiento.
- ❖ Permitirá definir las categorías y tipos de sostenimiento a aplicarse, determinando estándares de sostenimiento en función a los tiempos de exposición de las labores mineras: preparaciones y explotación.
- ❖ Permitirá la estandarización del tipo y cantidades de sostenimiento a aplicarse en cada una de las labores mineras, así como el tipo de relleno a aplicarse.

- ❖ Permitirá seleccionar y diseñar alternativas de nuevos métodos de explotación en las futuras zonas de explotación. Así como establecer algunas variantes en el método de explotación aplicado actualmente.
- ❖ Permitirá mediante el monitoreo geomecánico verificar y validar suposiciones adoptadas durante las fases de diseño inicial del laboreo minero.

2.2.6. Objetivos de la geomecánica en el minado subterráneo.

“Geomecánica en el minado subterráneo caso mina condestable” Lima-Perú 2008. Según el método de minado que se adopte para el minado subterráneo de un yacimiento, es posible especificar los siguientes cuatro objetivos comunes de la geomecánica para el rendimiento de la estructura de la mina:

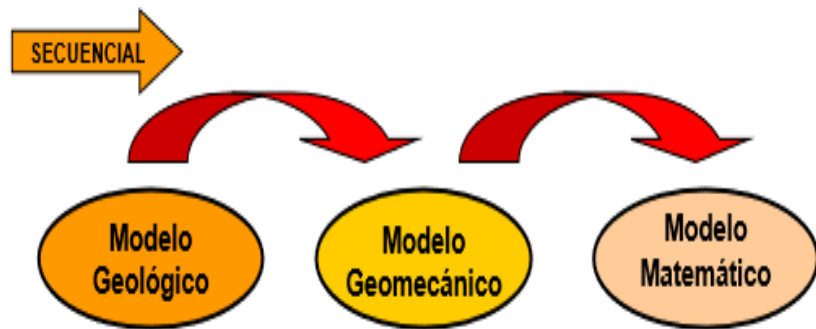
- ❖ Asegurar la estabilidad global de la estructura de la mina.
- ❖ Proteger las principales aberturas de servicio a través de su vida de diseño.
- ❖ Proveer accesos seguros a los lugares de trabajo y alrededor de los centros de producción de mineral.
- ❖ Preservar en condición de minables las reservas de mineral no minadas.

2.2.7. Parámetros geomecánicos de la roca.

2.2.7.1. Modelos de Estudio:

Según Cartaya, P. M y R .Blanco. (1999). La aplicación de ésta secuencia de análisis e interpretación determinará en forma básica el diseño de las alternativas de la ingeniería que controlan la estabilidad del macizo rocoso.

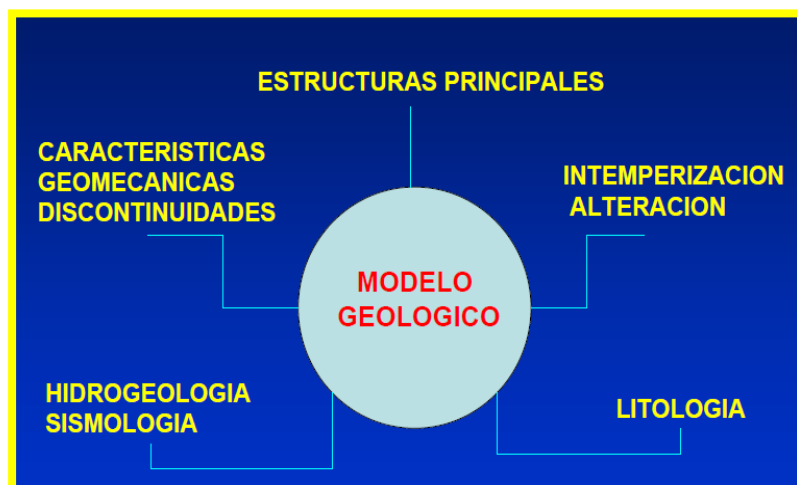
La metodología tiene que seguir una secuencia ordenada y progresiva de análisis de resultados; de esta forma se podrá determinar el comportamiento geomecánico de un proyecto minero.



2.2.7.2. Modelo Geológico.

Según Cartaya, P. M y R .Blanco. (1999). Trata de caracterizar o definir la estructura de la masa rocosa; nos brinda información geológica del medio en la cual realizaremos la excavación.

Se conceptualiza al modelo geológico el pilar clave para toda evaluación geomecánica de proyectos, ya que éste aportará información clave para el dimensionamiento de las excavaciones a diseñar. (Litología, Estructuras, Propiedades geomecánicas básicas, hidrología, sismología, tectónica, etc.). En la actualidad el modelo geológico se muestra más accesible para el operador minero a través de herramientas de cómputo: Manejo de Software (visualización de la zona mineralizada espacialmente).



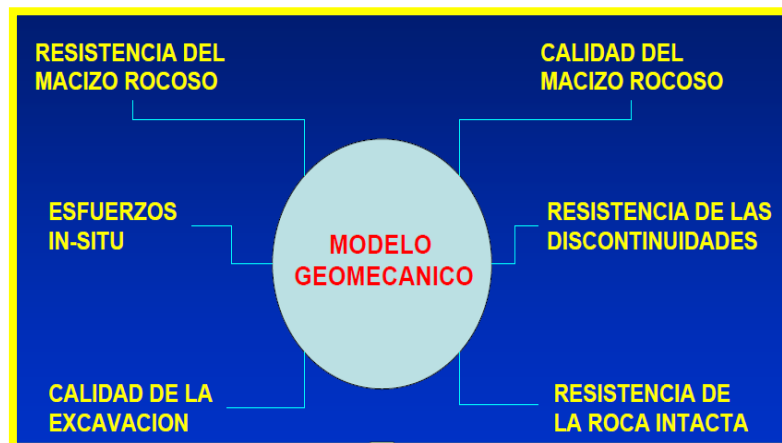
2.2.7.3. Modelo Geomecánico:

Según Cartaya, P. M y R .Blanco. (1999). Permite cuantificar los parámetros estructurales y mecánicos del macizo rocoso.

El modelo estará apoyado con la aplicación de técnicas de valoración de calidad de roca, así como instrumentación adecuada para la determinación de las propiedades mecánicas del macizo. (Pruebas en campo y laboratorio).

Parámetros: Resistencia a la Compresión, análisis de esfuerzos (niveles de tensiones), eventos geodinámicas (estallidos de rocas), etc.

Hoy en día las técnicas de levantamiento de información son sumamente rápidas, versátiles y confiables. En la actualidad el modelo se complementa con la interpretación (simulaciones) mediante la utilización de softwares geomecánicos de muy buena confiabilidad de resultados, los cuales suman los efectos de voladura en la estabilidad del macizo rocoso. La Información que brindemos al software arrojará el resultado procesado, por ello es básico brindar información certera para tener conclusiones adecuadas.



2.2.7.4. Modelo Matemático.

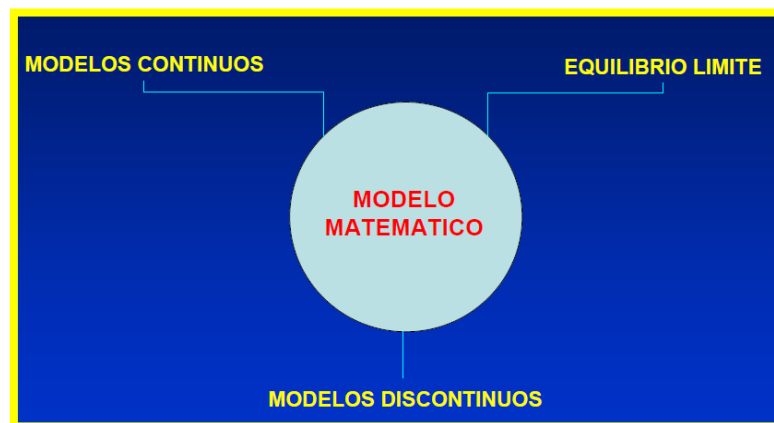
Según Cartaya, P. M y R .Blanco. (1999). Integra los dos modelos anteriores, es secuencial; considera los aspectos geométricos de

las excavaciones (condiciones de borde) e interactúa con la matemática de elementos finitos (manejo de software geomecánicos).

Análisis de esfuerzos actuantes y resistencias disponibles.

Simulaciones tenso - deformacionales; las cuales se llevan a cabo a través de interpretación de software geomecánicos.

Las técnicas a emplearse dependerán de la complejidad del tipo de excavación a desarrollar, lo correcto es llevar a cabo toda la secuencia de la metodología e interactuar efectivamente con el modelo matemático el cual permite controlar las inestabilidades a través de múltiples simulaciones.



2.2.8. Análisis Geomecánico.

Según Cartaya, P. M y R .Blanco. (1999). Los estudios geomecánicos siempre se necesitan muestras de la roca y por lo tanto resulta necesaria la obtención de núcleos geológicos los cuales serán utilizados para tomar muestras en ensayos especializados de laboratorio.

Existe una gran variedad de ensayos de laboratorio para medir diferentes propiedades mecánicas de la roca.

Las propiedades mecánicas de interés se dividen en aquellas que miden la resistencia, las que miden el comportamiento esfuerzo – deformación y las que miden direcciones de esfuerzo o deformación.

El ensayo más común en la geomecánica es el de la compresión triaxial, que sirve para medir la resistencia al corte y comportamiento esfuerzo

deformación para una muestra de roca a una presión confinante.

El otro tipo de ensayo muy utilizado en la geomecánica de roca, es el de compresión uniaxial que sirve para medir el comportamiento de esfuerzo deformación de una muestra sin deformación lateral.

2.2.9. Evaluación geomecánica del macizo rocoso.

2.2.9.1. Características de la roca.

Según la sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. Junio 2004. La roca difiere de la mayoría de otros materiales utilizados en la ingeniería. Esta tiene discontinuidades (fracturas) de diferentes tipos, que hacen que su estructura sea discontinua. Además, debido a los procesos geológicos que la han afectado entre el tiempo de su formación y la condición en la cual la encontramos en la actualidad, presenta heterogeneidades y propiedades variables. Todas estas características requieren ser evaluadas en forma permanente durante el laboreo minero. Primero es necesario distinguir lo que es el “material rocoso” o también denominado “roca intacta” y lo que es la “masa rocosa” o también denominada “macizo rocoso”.

2.2.9.2. Roca intacta.

Según la sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. Junio 2004. Es el bloque ubicado entre las discontinuidades y podría ser representada por una muestra de mano o trozo de testigo que se utiliza para ensayos de laboratorio.

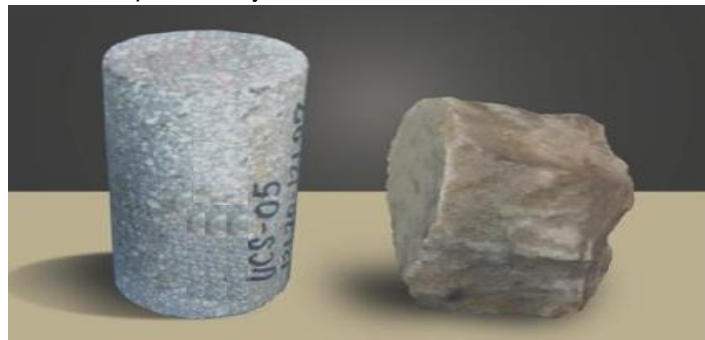


Figura N° 01: Muestra del macizo rocoso.

2.2.9.3. Masa Rocosa.

Según la sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. Junio 2004. Dependiendo cómo se presentan estas discontinuidades o rasgos estructurales dentro de la masa rocosa, ésta tendrá un determinado comportamiento frente a las operaciones de minado.



Figura N° 02: Macizo Rocoso.

2.2.9.4. Discontinuidades de la masa rocosa.

Según la sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. Junio 2004. Los principales tipos de discontinuidades presentes en la masa rocosa son:

a) Planos de estratificación.

Dividen en capas o estratos a las rocas sedimentarias.

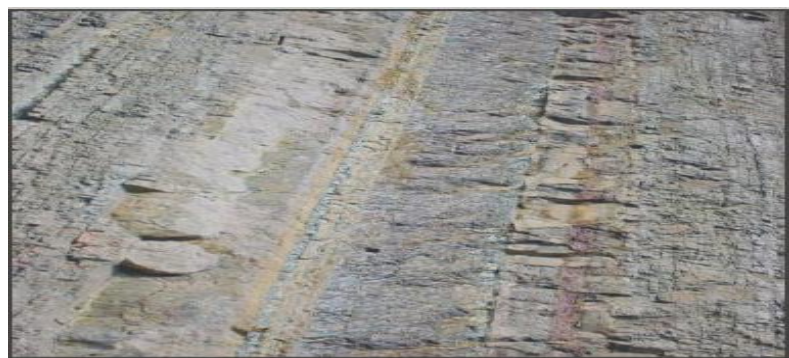


Figura N° 03: Planos de estratificación.

b) Falla.

Son fracturas que han tenido desplazamiento. Estas son fracturas menores que se presentan en áreas locales de la mina o estructuras muy importantes que pueden

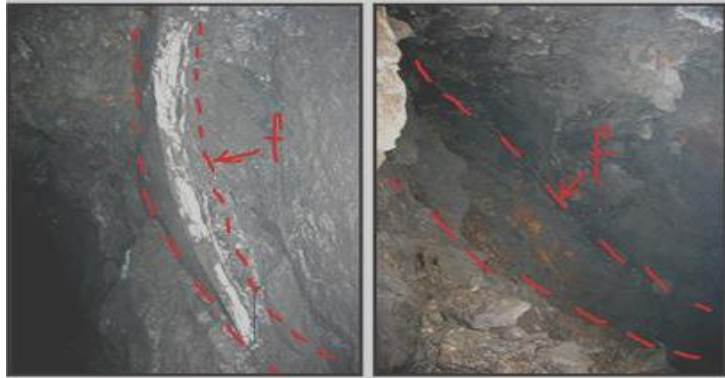


Figura N° 04: Fallas presentes en la estructura rocosa.

c) Diaclasas.

También denominadas juntas, son fracturas que no han tenido desplazamiento y las que comúnmente se presentan en la masa rocosa.

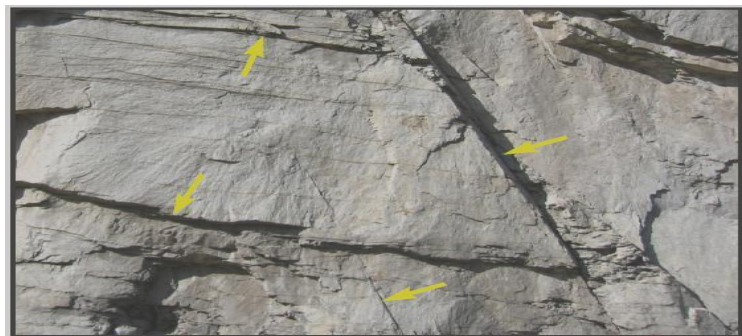


Figura N° 05: Diaclasas en la estructura rocosa.

d) Planos de foliación o esquistosidad.

Se forman entre las capas de rocas metamórficas dando la apariencia de hojas o láminas.



Figura N° 06: Planos de foliación.

e) Contactos litológicos.

Que comúnmente forman, por ejemplo, la caja techo y caja piso de una veta.

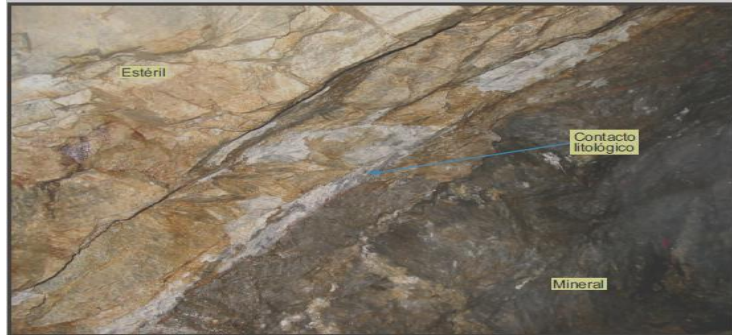


Figura N° 07: Zona de contacto.

2.2.9.5. Propiedades de las discontinuidades.

Según la sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. Junio 2004. Todas las discontinuidades presentan propiedades geomecánicas importantes que las caracterizan y que influyen en el comportamiento de la masa rocosa. Estas propiedades son principalmente:

a) Orientación.

Es la posición de la discontinuidad en el espacio y es descrito por su rumbo y buzamiento. Cuando un grupo de discontinuidades se presentan con similar orientación son aproximadamente paralelas, se dice que éstas forman un “sistema” o una “familia” de discontinuidades.

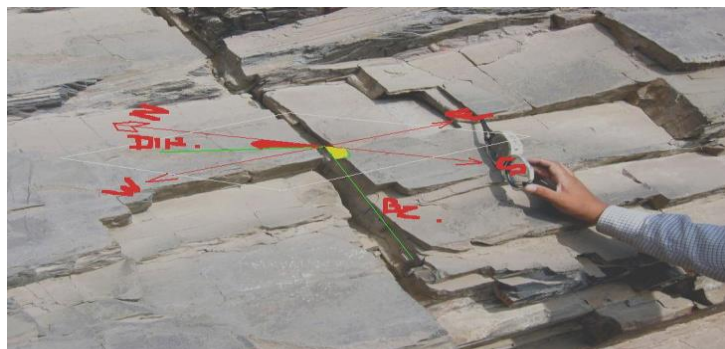


Figura N° 08: Orientación de discontinuidades.

b) Espaciado.

Es la distancia perpendicular entre discontinuidades adyacentes. Éste determina el tamaño de los bloques de roca intacta. Cuanto menos espaciado tengan, los bloques serán más pequeños y cuanto más espaciado tengan, los bloques serán más grandes.



Figura N° 09: Espaciado de una discontinuidad.

c) Persistencia.

Es la extensión en área o tamaño de una discontinuidad. Cuanto menor sea la persistencia, la masa rocosa será más estable y cuanto mayor sea ésta, será menos estable.

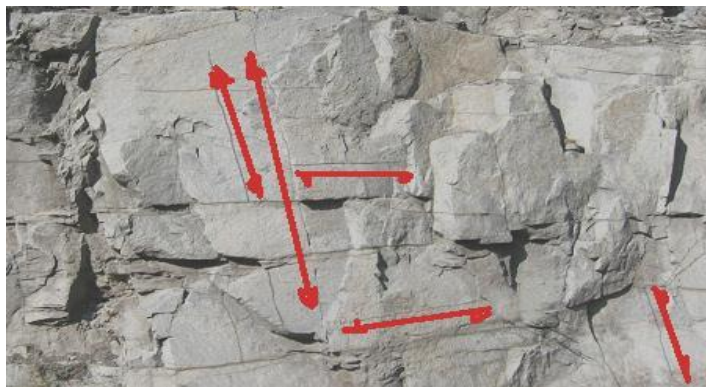


Figura N°10: Persistencia de una discontinuidad.

d) Rugosidad.

Es la aspereza o irregularidad de la superficie de la discontinuidad. Cuanta menor rugosidad tenga una

discontinuidad, la masa rocosa será menos competente y cuanto mayor sea ésta, la masa rocosa será más competente



Figura N°11: Diferencia de rugosidad en una misma roca.

e) Apertura.

Es la separación entre las paredes rocosas de una discontinuidad o el grado de abierto que ésta presenta. A menor apertura, las condiciones de la masa rocosa serán mejores y a mayor apertura, las condiciones serán más desfavorables.



Figura N° 12: Apertura de una discontinuidad.

f) Relleno.

Son los materiales que se encuentran dentro de la discontinuidad. La presencia de relleno gobierna el comportamiento de las discontinuidades por lo que deben ser reconocidos y descritos todos los aspectos referentes a sus propiedades y estado.



Figura N°13: Brecha de falla.

2.2.9.6. Clasificación Geomecánica.

Según Carlos Arturo Pérez Macavilca, (2008). Mediante esta clasificación geomecánica se define la calidad del macizo rocoso en las labores mineras subterráneas y superficiales, cuyos componentes son estructuras complejas; para ejecutar dichas labores mineras, es necesario poseer el máximo conocimiento del macizo rocoso. Para tener el conocimiento del macizo rocoso hoy en día existen muchas clasificaciones geomecánica, como: Protodyakonov, Bieniawski, Laubscher and Taylor, Barton, que nos determinarán la calidad del macizo rocoso, cuya finalidad es dividir al macizo rocoso en dominios estructurales, cada uno de ellos tendrán características similares, como: Litología, espaciado de juntas, entre otros. Los límites de un dominio estructural pueden coincidir con rasgos geológicos, tales como fallas o diques.

2.2.9.7. Clasificación geomecánica de BIENIAWSKI.

Según Carlos Arturo Pérez Macavilca, (2008) el RMR es una clasificación geomecánica, en la que se tienen en cuenta los siguientes parámetros del macizo rocoso:

- a. Resistencia Compresiva de la roca.
- b. Índice de la Calidad de la Roca - RQD.

- c. Espaciamiento de Juntas.
- d. Condición de Juntas.
- e. Presencia de Agua.
- f. Corrección por orientación.

Estos factores se cuantifican mediante una serie de parámetros definiéndose unos valores para dichos parámetros cuya suma, en cada caso nos da el índice de Calidad del RMR que varía entre 0 – 100.

Los objetivos de esta clasificación son:

- a. Determinar y/o estimar la calidad del macizo rocoso.
- b. Dividir el macizo rocoso en grupos de conducta análoga.
- c. Proporcionar una buena base de entendimiento de las características del macizo rocoso.
- d. Facilitar la planificación y el diseño de estructuras en roca, proporcionando datos cuantitativos necesarios para la solución real de los problemas de ingeniería.

Cuadro N° 01: Rango de Macizo rocoso (RMR).

Clase	Calidad	RMR	Cohesión (KPa)	Angulo de fricción (°)
I	Muy buena	81 – 100	> 400	> 45
II	Buena	61 – 80	300 – 400	35 – 45
III	Regular	41 – 60	200 – 300	25 – 35
IV	Mala	21 – 40	100 – 200	15 – 25
V	Muy mala	0 – 20	< 100	< 15

Fuente: “Engineering Rock Mass Classifications”, Bieniawski, Z. T. (1989)

Se clasifican las rocas en 5 categorías. En cada categoría se estiman los valores de la cohesión y el ángulo de fricción interna del macizo rocoso (Cuadro N°01). A continuación se definen y valoran cada uno de los factores que intervienen en la clasificación.

a) Resistencia compresiva de la roca.

Según Carlos Arturo Pérez Macavilca, (2008) la resistencia compresiva “dc” de una roca se puede determinar por tres procedimientos:

- Primer procedimiento.
Estimación de la Resistencia Compresiva mediante el martillo Schmidt de Dureza.
- Segundo procedimiento.
Determinación de la Resistencia Compresiva mediante el Ensayo de Carga Puntual “Franklin”.
- Tercer procedimiento.
Determinación de la Resistencia Compresiva mediante el Ensayo de Compresión Simple y/o Uniaxial.

b) Índice de la calidad de la roca – RQD.

Según Bieniawski, Z. T. (1989) Para determinar el RQD (Rock Quality Designation) en el campo y/o zona de estudio de una operación minera, existen hoy en día tres procedimientos de cálculo.

- Primer procedimiento.
Se calcula midiendo y sumando el largo de todos los trozos de testigo mayores que 10 cm en el intervalo de testigo de 1.5 m.

$$RQD = \frac{\sum \text{trozos} \geq 10 \text{centímetros}}{150 \text{centímetros}} \times 100$$

- Segundo procedimiento.
Comprende el cálculo del RQD en función del número de fisuras, por metro lineal, determinadas al realiza el levantamiento litológico-estructural (Detail line) en el área y/o zona predeterminada de la operación minera.

Fórmula matemática.

Siendo:

$$RQD = e^{(-0.1 \times \lambda)} \times (0.1 \times \lambda + 1)$$

$$\lambda = \frac{N^{\circ} \text{ de fracturas}}{\text{metro lineal}}$$

- Tercer procedimiento.

Comprende el cálculo del RQD en función del número de fisuras, por metro cúbico, determinadas al realizar el levantamiento litológico estructural (Detail line) en el área y/o zona predeterminada de la operación minera.

Fórmula matemática de Palmstrom:

$$RQD = 115 - 3.3 (J_v) \longrightarrow J_v > 4.5$$

Siendo J_v , el número total de juntas que se encuentran en un metro cúbico del macizo rocoso, si hay dificultad en observar, se lo puede obtener contando las discontinuidades de cada familia que hay en una longitud determinada.

- Una vez obtenido el valor de RQD, la calidad de la roca viene dada según la Tabla.

Cuadro N°2: Valor del RQD.

RQD	CALIDAD DE ROCA
< 25	MUY MALA
25 - 50	MALA
50 - 75	REGULAR
75 - 90	BUENA
90 - 100	EXCELENTE

Esta clasificación dan resultados válidos en rocas masivas y resistentes, en rocas de baja resistencia o estratificadas, es poco práctica y debe tenerse en cuenta otros factores como: inclinación de los estratos, génesis de las rocas.

c) Espaciamiento de juntas.

Según Bieniawski, Z. T. (1989) Se ha comprobado que el espaciamiento de juntas tiene gran influencia sobre la estructura del macizo rocoso.

La resistencia del macizo rocoso va disminuyendo según va aumentando el número de juntas, siendo el espaciado de las juntas el factor más influyente en esta disminución de resistencia.

Así resulta que un material rocoso de alta resistencia de 100 a 200 MPa, que esté muy fracturado con un espaciamiento de juntas de 5 cm, corresponde a un macizo rocoso débil.

A continuación se presenta la clasificación de Deere de los macizos rocosos. En lo referente al espaciamiento de juntas, que es la que recomienda utilizar en la clasificación geomecánica de Bieniawski.

Cuadro N° 03: Descripción de espaciamientos.

DESCRIPCION ESPACIAMIENTO	ESPACIO DE JUNTAS	TIPO MACIZO ROCOSO
Muy ancho	> 3m	Solido
Ancho	1 – 3m	Masivo
Moderadamente cerrado	0.3 – 1m	En bloques
Cerrado	50 –	Fracturado
Muy cerrado	< 50mm	Machacado

Fuente: "Engineering Rock Mass Classifications", Bieniawski, Z. T. 1989

d) Condición de juntas.

En este apartado se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

○ Apertura.

La apertura de las juntas es un criterio para descripción cuantitativa de un macizo rocoso.

La clasificación de Bieniawski es la siguiente:

Cuadro N° 04: Descripción de Separación.

Descripción	Separación
Abierta	> 5 mm
Moderadamente abierta	1 – 5 mm
Cerrada	0.1 – 1 mm
Muy cerrada	< 0.1

Fuente: "Engineering Rock Mass Classifications", Bieniawski, Z. T. (1989)

- Tamaño.
El tamaño de las juntas influye en la importancia que el material rocoso y la separación de las juntas tienen en el comportamiento del macizo rocoso.
- Rugosidad.
En esta clasificación se establecen 5 categorías de rugosidad: muy rugosa, rugosa, ligeramente rugosa, suave y espejo de falla.
- Dureza de los labios de la discontinuidad.
Se consideran 3 categorías de dureza: dura, media y blanda.
- Relleno.
Se define por su espesor del macizo rocoso, el tipo de material, la consistencia y la continuidad del relleno en el macizo rocoso.
- Presencia de agua.
El efecto del agua tiene especial importancia en los macizos rocosos diaclasados. Se tendrá en cuenta el flujo de agua en el macizo rocoso. El criterio que se utilizará será el siguiente: completamente seco, húmedo, agua a presión moderada y agua a presión fuerte.

- Corrección por orientación.

A la hora de considerar los efectos de la orientación de las discontinuidades para la clasificación del macizo rocoso, con vistas a la construcción de una excavación subterránea y en una labor minera superficial, es suficiente considerar si las orientaciones del rumbo y del buzamiento son más o menos favorables con relación a la labor minera que se va ejecutar.

Bieniawski, Z. T. (1989)

Cuadro N° 05: Bieniawski ha propuesto la siguiente clasificación

RUMBO PERPENDICULAR AL EJE				RUMBO PARALELO AL EJE DEL TUNEL		Buzamiento 0 – 20° (Independiente del rumbo)
Dirección según Buzamiento		Dirección contra Buzamiento				
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Regular	Desfavorable	Muy Desfavorable	Regular	

Fuente: "Engineering Rock Mass Classifications", Bieniawski, Z. T. (1989)

Cuadro N° 06: Parámetros de la clasificación del RMR.

I. PARÁMETROS DE CALIFICACIÓN

RMR (1) RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE DE LA ROCA INTACTA																
VALOR (kg/cm²)	> 2500	1000-2500	500-1000	250-500	50 -250	10-50	< 10									
Valoración	15	12	7	4	2	1	0									
RMR (2 + 3) RQD Y SEPARACIÓN DE DIACLASAS																
JUNTAS POR METRO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Valoración	40	34	31	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17
JUNTAS POR METRO		16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Valoración		17	16	15	14	14	13	13	12	12	11	11	10	10	9	9
JUNTAS POR METRO		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Valoración		9	8	8	8	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6	6
RMR (4)	ESTADO DE LAS DIACLASAS															
PERSISTENCIA	< 1	1 -3 m		3 - 10 m			10 - 20 m			20 m						
Valoración	6	4		2			1			0						
ABERTURA	0	< 0,1 mm		0,1 - 1 mm			1 - 5 mm			5 mm						
Valoración	6	5		4			1			0						
RUGOSIDAD	MUY RUGOSA	RUGOSA		LIGERAMENTE RUGOSA			LISA			ESPEJO DE FALLA						
Valoración	6	5		3			1			0						
RELLENO	NO HAY	DURO CON ESPESOR < 5 mm		DURO CON ESPESOR > 5 mm			BLANDO CON ESPESOR < 5 mm			BLANDO CON ESPESOR > 5 mm						
Valoración	6	4		2			2			0						
GRADO DE METEORIZACIÓN	NO AFECTADO	LIGERO		MODERADO			ALTO			DESCOMPUESTO						
Valoración	6	5		3			1			0						
RMR (5)	EFECTO DEL AGUA															
ESTADO	SECO	LIG. HÚMEDO			HÚMEDO			GOTEANDO			CHORREANDO					
Valoración	15	10			7			4			0					

Modificada por Geocontrol, S.A (1984).

II. CORRECCIÓN SEGÚN LA ORIENTACIÓN DE LA OBRA

DIRECCIÓN PERPENDICULAR AL EJE DEL TÚNEL				DIRECCIÓN PARALELA AL EJE DEL TÚNEL		Buzamiento 0° - 20° cualquier dirección
EXCAVACIÓN HACIA EL BUZAMIENTO		EXCAVACIÓN CONTRA EL BUZAMIENTO		Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	Buzamiento 45° - 90°	Buzamiento 20° - 45°	
Muy favorable	Favorable	Media	Desfavorable	Muy desfavorable	Media	Media
0	-2	-5	-10	-12	-5	-5

Modificada por Geocontrol, S.A (1984).

2.2.9.8. Rumbo perpendicular al eje rumbo paralelo buzamiento.

a) Ajuste de valores por orientación de las juntas.

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

b) Determinación de la clase del macizo rocoso.

Valor total del RMR	81-100	61-80	41-60	21-40	<20
Clase Número	I	II	III	IV	V
Descripción	Muy Bueno	Bueno	Medio	Malo	Muy Malo

c) Significado de las clases de macizos rocosos.

Clase Número	I	II	III	IV	V
Tiempo de Mantenimiento	10 años para 5m.	6 meses para 4 m.	1 semana para 3 m.	5 horas para 1.5 m.	10 minutos para 0.5 m.
Cohesión	> 3 Kg/cm ²	2-3 Kg/cm ²	1.5-2 Kg/cm ²	1-1.5 Kg/cm ²	< 1 Kg/cm ²
Angulo de fricción	> 45°	40°-45°	30°-40°	30°-35°	< 30°

d) Recomendaciones para el sostenimiento.

Considerando los valores de clasificación ajustados y tomando en cuenta prácticas normales de sostenimiento en minas, Laubscher and Taylor han propuesto el siguiente cuadro:

VALORES AJUSTADOS	VALORES GEOMECAÑICOS ORIGINALES - BIENIAWSKI									
	90-100	80-90	70-80	60-70	50-60	40-50	30-40	20-30	10-20	0-10
70 - 100										
50 - 60		a	a	a	a					
40 - 50			b	b	b	b				
30 - 40				c,d	c,d	c,d,e	d,e			
20 - 30					e	f,g	f,g,j	f,h,j		
10 - 20						i	i	h,i,j	h,j	
0 - 10							k	k	l	l

2.2.9.9. Clasificación geomecánica “Q” modificada de Barton Lien y Lunde.

Según Barton, N., Lien, R., and Lunde, J. (1988), Para estimar el valor de GSI utilizando esta clasificación geomecánica, se deben usar el RQD (Rock Quality Designation), esta clasificación geomecánica se basa en el índice de calidad “Q” denominado también índice de Calidad tunelera, que da una estimación de la calidad el macizo rocoso, teniendo en cuenta los siguientes factores:

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

Dónde:

RQD: índice de calidad de la roca.

J_n: índice del número de familias de fracturas.

J_r: índice de rugosidades en las fracturas.

J_a: índice de alteración de las paredes de las fracturas.

J_w: índice del caudal afluyente.

SRF: factor de reducción por esfuerzos.

Los tres grupos formados con estos parámetros son:

RQD / J_n. Representa el tamaño de los bloques.

J_r / J_a. Representa la resistencia al corte entre los bloques.

J_w / SRF. Representa la influencia del estado tensional.

Rango de variación de los parámetros

RQD: 0 - 100

J_n: 0.5 - 20

J_r: 0.5 - 4

J_a: 0.75 - 20

J_w: 0.05 - 1

SRF: 0.5 - 20

El índice Q varía de 0.001 a 1000 y el macizo rocoso puede ser clasificado en nueve clases. La tabla estandarizada para la clasificación del macizo rocoso se muestra en el anexo A. En las tablas, se reflejan los criterios de valoración de estos parámetros.

A continuación se definen y valoran cada uno de los factores que intervienen en la clasificación:

Cuadro N° 07: Índice de calidad de roca.

Índice de Calidad de roca	RQD	Observaciones
A.- Muy mala	0 – 25	1.- cuando RQD 10, incluyendo cero; se puede utilizar el valor 10 para el RQD. 2.- Intervalos de 5 para RQD, ó sea 100, 95, 90 son precisos.
B.- Mala	25 – 50	
C.- Regular	50 – 75	
D.- Buena	75 – 90	
E.- Excelente	90 – 100	

Fuente: Barton, N., Lien, R., and Lunde, J. (1974)

Cuadro N° 08: Índice del número de familias de fracturas.

Número de Familias	Jn	Observaciones
A.- Masivo, sin o con pocas juntas	0.5 - 1	1.- Para cruces en túneles utilizar (3 x Jn) 2.- Para Portales utilizar (2 x Jn)
B.- Una familia de juntas	2	
C.- Una familia y algunas juntas ocasionales	3	
D.- Dos familias de juntas	4	
E.- Dos familias y algunas juntas	6	
F.- Tres familias de juntas	9	
G.- Tres familias y algunas juntas	12	
H.- Cuatro familias o más, roca muy fracturada, Terrones de azúcar	15	
I.- Roca triturada terrosa	20	

Fuente: Barton, N., Lien, R., and Lunde, J. (1974)

Cuadro N° 09: Índice de rugosidad en las fracturas.

Número de rugosidad de las Juntas	Jr	Observaciones
- Contacto entre las dos caras de la junta - Contacto entre las dos caras de la junta mediante un desplazamiento lateral 10 cm		1.- Se añade 1.0 si el espaciamiento medio juntas es mayor de 3 m. 2.- Jr = 0.5 se puede usar Para juntas de fricción Planas y que tengan alineaciones orientadas para resistencia mínima.
A.- Juntas discontinuas	4	
B.- Junta rugosa o irregular ondulada	3	
C.- suave ondulada	2	
D.- Espejo de falla, ondulada	1.5	
E.- Rugosa o irregulares plana	1.5	
F.- Suave plana	1.0	
G.- Espejo de falla o superficie de fricción plana.	0.5	
- Sin contacto entre las dos caras de la Junta desplazados lateralmente		
H.- Zona que contiene minerales arcillosos de espesor suficientemente gruesa para impedir el contacto entre las dos caras.	1	
I.- Zona arenosa de grava o roca triturada suficientemente gruesa para impedir el contacto entre las dos caras de la junta.	1	

Fuente: Barton, N., Lien, R., and Lunde, J. (1974)

Cuadro N° 10: Índice de alteración de las paredes de las fracturas.

Número de alteración de las juntas	Ja	Ør (aprox.)	Observación
- Contacto entre las dos caras de la junta.			1.- Los valores de de Ør el ángulo De fricción residual, se indican como guía aproximada de de las propiedades mineralógicas de los productos de la alteración si es que están presentes.
A.- Junta sellada, dura, sin reblandamiento relleno impermeable, ej. Cuarzo.	0.75		
B.- Caras de la junta únicamente manchadas.	1	25° - 35°	
C.- Las caras de la junta están alteradas ligeramente y contienen minerales no reblandecibles, partículas de arena, roca desintegrada libre de arcilla.	2	25° - 30°	
D.- Recubrimiento de limo o arena arcillosa, pequeña fracción arcillosa no reblandecible.	3	20° - 25°	
E.- Recubrimiento de minerales arcillosos blandos o de baja fricción, ej. Caolinita, mica, clorita, talco, y pequeñas cantidades de arcillas expansivas, los recubrimientos son discontinuos con espesores de 162 mm	4	8° - 16°	
- Contacto entre las dos caras de la junta con menos de 10 cm de desplazamiento lateral.			
F.- Partículas de arena, roca desintegrada, libre de arcilla.	4	25° - 30°	
G.- Fuertemente sobreconsolidados, rellenos de minerales arcillosos no reblandecidos Los recubrimientos son continuos menores de 5 mm. de espesor.	6	16° - 24°	
H.- Sobreconsolidación media a baja, reblandecimiento, relleno de mineral arcilloso. Los recubrimientos son continuos menores de 5 mm. de espesor.	8	8° - 16°	
I.- Relleno de arcillas expansivas ej. Montmorillonita, de espesor continuo de 5mm. El Valor Ja depende del porcentaje de partículas del tamaño de la arcilla expansiva.	8 - 12	6° - 12°	
- No existe contacto entre las dos caras de la junta cuando esta es cizallada.			
J.- Zonas o bandas de roca desintegrada o machacada y arcilla.	6 - 8 ó 8 - 12	6° - 24°	
K.- Zonas blandas de arcilla limosa o arenosa con pequeña fracción de arcilla sin reblandamiento.	5	6° - 24°	
L.- Zonas o capas gruesas de arcilla.	10 - 13 13 - 20	6° - 24°	

Fuente: Barton, N., Lien, R., and Lunde, J. (1974)

Cuadro N° 11: Índice del caudal afluente.

Factor de reducción por presencia de agua en las juntas.	Jw	Presión agua Kg/cm²	Observaciones
A.- Excavaciones secas o de fluencia poco importante, menos de 5 l/min. Localmente.	1	< 1	1.- Los factores de C a E, son estimaciones aproximadas aumenta Jw si se instalan drenes. 2.- Los problemas especiales causados por la presencia de hielo no se toman en consideración.
B.- Fluencia o presión media, ocasional lavado de los rellenos de las juntas.	0.66	1 - 2.5	
C.- Fluencia grande o presión alta, considerable lavado de los rellenos de las juntas.	0.33	2.5 - 10	
D.- Fluencia o presión de agua excepcionalmente altas con las voladuras disminuyendo con el tiempo.	0.1 - 0.2	> 10	
E.- Fluencia o presión de agua excepcionalmente altas y continuas, sin disminución.	0.05 - 0.1	> 10	

Fuente: Barton, N., Lien, R., and Lunde, J. (1974)

Cuadro N° 12: Factor de reducción de esfuerzos

Factor de Reducción de esfuerzos	SRF	Observaciones
Zonas débiles que intersectan la excavación y pueden causar caídas de bloques, según avanza la misma.		1.- Redúzcanse estos valores SRF de 25%-50% si las zonas de fractura solo se intersectan pero no cruzan la excavación. 2.- Para un campo virgen de esfuerzos fuertemente anisotropico, medidas: cuando $5 < d1/d3 < 10$, redúzcase: a 0.8 la dc y el dt. Cuando $d1$ y $d3 > 10$, redúzcase: a 0.6 la dc y el dt. donde: dc = Resistencia Compresiva. dt = Esfuerzo a la tracción d1 = Esfuerzo Principal Mayor. d3 = Esfuerzo Principal Menor.
A.- Varias zonas débiles conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente, roca muy suelta alrededor (cualquier profundidad).	10	
B.- Solo una zona débil conteniendo arcilla o roca desintegrada químicamente (profundidad de excavación menor de 50 m.).	5	
C.- Solo una zona débil conteniendo arcilla o roca Desintegrada químicamente (profundidad de excavación mayor de 50 m.).	2.5	
D.- Varias zonas de fractura en roca competente (libre de arcilla), roca suelta alrededor (cualquier profundidad).	7.5	
E.- Solo una zona fracturada en roca competente (libre de arcilla), (profundidad de excavación menor de 50 m.).	5	
F.- Solo una zona fracturada en roca competente (libre de arcilla), (profundidad de excavación mayor de 50 m.).	2.5	
G.- Juntas abiertas sueltas, muy fracturadas, etc. (cualquier profundidad).	5	

Fuente: Barton, N., Lien, R., and Lunde, J. (1974)

Cuadro N° 13: Factor por reducción de esfuerzos.

Factor de Reducción de esfuerzos	dc / d1	dt / d1	SRF	Observaciones
- Roca Competente, problemas de esfuerzos.				3.- Hay pocos casos reportados donde el techo debajo de la superficie sea menor que el ancho del claro. Se sugiere Que el SRF sea aumentado de 2.5 a 5 para estos casos, ver H
H.- Esfuerzo bajo, cerca de la superficie.	> 200	> 13	2.5	
I.- Esfuerzo medio.	200-10	13-0.66	1.0	
J.- Esfuerzo grande, estructura muy cerrada (generalmente favorable para la estabilidad. Pude ser desfavorable para la estabilidad de los hastiales.	10-5	0.66-0.33	0.5-2	
K.- Desprendimiento moderado de la roca masiva.	5-2.5	0.33-0.16	0.5-10	
L.- Desprendimiento intenso de la roca masiva.	< 2.5	< 0.16	10-20	
- Roca fluyente, flujo plástico de roca incompetente bajo la influencia de altas presiones litostáticas.				
M.- Presión de flujo moderado.			5-10	
N.- Presión de Flujo Intenso.			10-20	
- Roca expansiva, actividad química expansiva dependiendo de la presencia de agua.				
O.- Presión de expansión Moderado.			5-10	
P.- Presión de expansión Intensa.			10-15	

Fuente: Barton, N., Lien, R., and Lunde, J. (1974)

2.2.9.10. Recomendaciones para el uso de los cuadros.

- a) El parámetro J_n , que representa en número de familia de juntas, puede estar afectado por foliación, esquistosidad, clivaje y laminaciones. Si las juntas paralelas tienen suficiente desarrollo, deben contabilizarse como una familia completa. Si hay pocas juntas visibles, roturas ocasionales en los testigos debido a estos planos, se contabilizan como juntas ocasionales al considerar el J_n en la tabla.
- b) Los parámetros J_r y J_a , cuyo cociente representa la resistencia al esfuerzo cortante, serán los de la familia de juntas o discontinuidad rellena de arcilla, más débil que exista en la roca, además es necesario tener en cuenta la orientación de las familias o discontinuidades, de tal forma que deban ser representativas.
- c) El valor **SRF**, en el caso de que el macizo rocoso contenga arcilla, en este caso la resistencia de la roca es factor determinante de la estabilidad de la excavación subterránea. Cuando el macizo rocoso no contenga arcilla y el número de Juntas sea pequeño la resistencia de la roca puede convertirse en factor, tal que el cociente de dt/dc , defina la estabilidad de la roca.
- d) En el caso de rocas muy anisótropicas, la resistencia compresiva de la roca dc y el esfuerzo a la tracción dt , se evaluarán en la dirección más favorable para la estabilidad.

2.2.9.11. Los parámetros que definen “Q”, representan el siguiente aspecto:

- a) RQD/J_n : Tamaño de bloques, representa la estructura global del macizo rocoso.
- b) J_r/J_a : Resistencia al corte entre bloques.
- c) J_w/SRF : Estado tensional en el macizo rocoso.

Para relacionar **Q** índice de calidad tunelera, con el comportamiento de una excavación subterránea y con las necesidades de sostenimiento de la misma.

Barton Lien y Lunde desarrollaron la relación denominada Dimensión

Equivalente “**De**” de la excavación, esta relación se obtiene de dividir el ancho, diámetro o altura de la excavación por un factor denominado Relación de soporte de la excavación **ESR** (Excavation Support Ratio).

De = La relación de soporte de la excavación **ESR** tiene que ver con el uso que se pretende dar a la excavación y hasta donde se le puede permitir cierto grado de inestabilidad Barton da los siguientes valores supuestos para **ESR**:

Ancho de la excavación, diámetro o altura (m).

Relación de soporte de la excavación **ESR**.

Cuadro N° 14: Clasificación de la roca.

Tipo de excavación	ESR
A.- Excavaciones mineras provisionales.	3 - 5
B.- Excavaciones mineras permanentes, túneles de conducción de agua para obras hidroeléctricas (con la excepción de las cámaras de alta presión para compuertas), túneles pilotos (exploración), excavaciones parciales para cámaras subterráneas grandes.	1.6
C.- Cámaras de almacenamiento, plantas subterráneas para el tratamiento de aguas, túneles carreteros y ferrocarriles pequeños, cámaras de alta presión, túneles auxiliares.	1.3
D.- Casas de maquinas, túneles carreteros y ferrocarriles mayores, refugios de defensa civil, portales y cruces de túnel.	1.0
E.- Estaciones nucleoelectricas subterráneas, estaciones de ferrocarril, instalaciones para deportes y reuniones, fabricas.	0.8

Fuente: Barton, N., Lien, R., And Lunde, J. (1974)

2.2.9.12. Tipo de excavación ESR.

- A) Excavaciones mineras provisionales. 3 – 5
- B) Excavaciones mineras permanentes, túneles de conducción de agua para obras hidroeléctricas (con la excepción de las cámaras de alta presión para compuertas), túneles pilotos 1.6 (exploración), excavaciones parciales para cámaras subterráneas grandes.
- C) Cámaras de almacenamiento, plantas subterráneas para el tratamiento de aguas, túneles carreteros y ferrocarriles 1.3 pequeños, cámaras de alta presión, túneles auxiliares.
- D) Casas de máquinas, túneles carreteros y ferrocarriles mayores, refugios de defensa civil, portales y cruces de túnel. 1.0
- E) Estaciones nucleoelectricas subterráneas, estaciones de ferrocarril, instalaciones para deportes y reuniones, 0.8 fábricas. La relación entre el Índice de calidad tunelera “Q” y la dimensión equivalente “De” de una excavación, Barton Lien y Lunde, elaboraron una tabla a partir de la cual se puede diagnosticar las necesidades de sostenimiento. (Ver en los anexos del trabajo).

2.2.9.13. Geological Strength Index (GSI) – Índice de resistencia geológica.

Paul Marinos, profesor de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional Técnica de Atenas - Grecia, y Evert Hoek Ingeniero Consultor de Vancouver, de Canadá, desarrollaron el GSI, índice de resistencia geológica, con la finalidad de estimar la resistencia del macizo rocoso. Este escrito presenta una revisión de la estimación de propiedades de resistencia del macizo rocoso a través del uso de GSI.

El sistema de clasificación GSI grandemente respeta las restricciones geológicas que ocurren en la naturaleza y están reflejadas en la información geológica. Un debate relaciona los rangos del índice de resistencia geológica (Strength Geological Index) para macizos rocosos típicos, enfatizando para macizos rocosos heterogéneos.

2.2.9.14. Estimación de las propiedades del macizo rocoso.

La entrada básica consta de estimaciones o medidas de la resistencia compresiva uniaxial (σ_c) y una constante del material (m_i), esto es relacionada con las propiedades de fricción de la roca. Idealmente, estas propiedades básicas deberían calcularse en el laboratorio, descrito por Hoek y Brown (1997) empero, en muchos casos, la información es requerida antes de que las pruebas del laboratorio hayan sido completadas.

Razón para estimar estos parámetros reproducimos el cuadro siguiente. Notándose que está actualizada de la versión (Marinos y Hoek, 2000).

El componente más importante de Hoek – Brown, para determinar la calidad del macizo rocoso es el proceso de reducir la (σ_c) del material y la constante (m_i), calculados en el laboratorio, los valores que serán asignados en relación a los valores del material in-situ.

Esto se calculará a través del Geological Strength Index – GSI. El GSI ha sido desarrollado, como resultado de muchos años de grandes debates con geólogos, con quienes E. Hoek ha trabajado alrededor del mundo.

Cuadro N° 15: Resistencia compresiva Uniaxial de la roca intacta.

GRADO *	TERMINO	dc MPa	Is MPa	Estimación de la resistencia en el Campo	Ejemplos
R6	Extremadamente dura	> 250	> 10	Solo se pueden romper esquirlas de la muestra con el martillo de geólogo.	Basalto, Diabasa Gneiss, Granito, Chert.
R5	Muy dura	100 - 250	4 – 10	Se necesitan muchos golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra.	Anfibolita, Gneiss, Grabo. Granodiorita, Basalto.
R4	Dura	50 - 100	2 – 4	Se necesita más de un golpe con el martillo de geólogo para romper la muestra.	Caliza, Mármol Esquisto, arenisca.
R3	Media	25 - 50	1 - 2	No se puede rayar o desconchar con una navaja, las muestras se pueden romper con un golpe firme con el martillo.	Concreto, Esquisto, Siltstone.
R2	Débil	5.0 - 25	**	Puede desconcharse con dificultad con Una navaja, se pueden hacer marcas poca profundas golpeando fuertemente la roca con la punta del martillo.	Yeso, Esquisto, Shale.
R1	Muy débil	1.0 - 5.0	**	Deleznable bajo golpes fuertes con la Parte puntiaguda del martillo de geólogo puede desconcharse con una navaja.	Roca alterada, Shale.
R0	Extremadamente Débil	0.25 - 1	**	Rayado por la uña del dedo pulgar.	Falla delgada rígida.

Fuente: Marinos y Hoek (2000).

Tabla N° 01: Características geotécnica del macizo rocoso según el grado de fracturamiento y resistencia (se toma en cuenta la condición de discontinuidades).

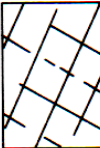
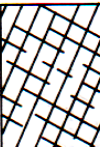
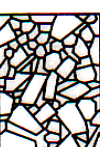
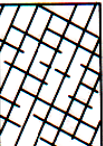
CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO SEGUN GSI MODIFICADO		CONDICION SUPERFICIAL					
Se basa en la cantidad de fracturas por metro lineal, medidas insitu con un flexometro. La mala voladura afecta esta condición. La resistencia se determina golpeando o indentando la roca con una picota, se toma en cuenta la rigurosidad, alteración de paredes y relleno de las discontinuidades.		MUY BUENA (EXTREMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS (Rc > 250 Mpa) (SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA)					
		BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA (Rc 100 A 250 Mpa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)					
		REGULAR (RESISTENTE Y LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS (Rc 50 A 100 Mpa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)					
		POBRE (MODERADAMENTE RESIT. MODERADAM. ALTER.) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES, MUY ALTERADA. RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA (Rc 25 A 50 Mpa) - (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE)					
		MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA ESTRIADA MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS. (Rc < 25 Mpa) (SE DISGREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE)					
ESTRUCTURA							
	LEVEMENTE FRACTURADA TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (RQD 75 - 90) (2 A 6 FRACT. POR METRO) (RQD = 115 - 3.3 Jn.)	LF/MB	LF/B	LF/R	LF/P	LF/MP	
	MODERADAMENTE FRACTURADA MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (RQD 50 - 75) (6 A 12 FRACT. POR METRO)	F/MB	F/B	F/R	F/P	F/MP	
	MUY FRACTURADA MODERADAMENTE TRABADA PARCIALMENTE DISTURBADA. BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO)	MF/MB	MF/B	MF/R	MF/P	MF/MP	
	INTENSAMENTE FRACTURADA PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)	IF/MB	IF/B	IF/R	IF/P	IF/MP	
	TRITURADA O BRECHADA LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMENTE DISGREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. (SIN RQD)	T/MB	T/B	T/R	T/P	T/MP	

Tabla N° 02: Correlación entre los índices RMR v/s. Q.

RMR (89 SECO) La descripción cualitativa del macizo rocoso en función del grado de fracturamiento (condición estructural) y resistencia (condición de discontinuidades y masa rocosa) Se asocian con un intervalo de valores que se han relacionado al índice RMR. en condiciones secas sin ningún tipo de correcciones. ESTRUCTURA		CONDICION SUPERFICIAL MUY BUENA (EXTREMADAMENTE RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS (Rc > 250 Mpa) (SE ASTILLA CON GOLPES DE PICOTA) BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADA, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER. ABIERTA (Rc 100 A 250 Mpa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA) REGULAR (RESISTENTE Y LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS (Rc 50 A 100 Mpa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA) POBRE (MODERADAMENTE RESIT. MODERADAM. ALTER.) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES, MUY ALTERADA. RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA (Rc 25 A 50 Mpa) - (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE) MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA ESTRIADA MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS. (Rc < 25 Mpa) (SE DISGREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE)				
 LEVEMENTE FRACTURADA TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (ROD 75 - 90) (2 A 6 FRACT. POR METRO) (RQD = 115 - 3.3 Jn)		95				
 MODERADAMENTE FRACTURADA MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES. (RQD 50 - 75) (6 A FRACT. POR METRO)		90				
 MUY FRACTURADA MODERADAMENTE TRABADA PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES. (RQD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO)		85				
 INTENSAMENTE FRACTURADA PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES. (RQD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)		80				
 TRITURADA O BRECHADA LIGERAMENTE TRABADA, MASA ROCOSA EXTREMADAMENTE ROTA CON MEZCLA DE FRAGMENTOS FACILMETE DISGREGABLES, ANGULOSOS Y REDONDEADOS. 8 SIN RQD)		75				
		70				
		65				
		60				
		55				
		50				
		45				
		40				
		35				
		30				
		25				
		20				
		15				
		10				
		5				

2.2.9.15. Sostenimiento con madera.

El sostenimiento con madera fue el símbolo del minado subterráneo hasta antes que se hayan desarrollado las nuevas tecnologías de sostenimiento. Actualmente el sostenimiento con madera tiene menor importancia frente a los avances que ha, habido en las técnicas de control de la estabilidad del terreno; sin embargo, tiene gran significancia histórica debido a que fue introducida hace varios siglos.

En algunas minas peruanas la madera aún sigue siendo utilizada como elemento de sostenimiento, principalmente en el minado convencional de vetas de carbón (antracita). Su rol es proteger la excavación contra los desprendimientos de rocas, debido a la separación de la roca de los contornos de la misma o a lo largo de planos de debilidad, causados por la intemperización y fracturamiento del terreno debido a la alteración del macizo rocoso en la voladura y otros factores.

En la actualidad, la madera se utiliza por su adaptabilidad a todo tipo de terreno, por su versatilidad para soportar todo tipo de esfuerzo y por sus características de deformabilidad, lo cual permite detectar en forma temprana los desplazamientos hacia el interior de la excavación.

En emergencias su uso como sostenimiento es muy valioso. Sus inconvenientes son: costo relativamente alto, elevado uso de mano de obra por el tiempo comparativamente largo de su instalación, limitada duración (puede descomponerse) y riesgo de fuego. Cuando se usa la madera como elemento de sostenimiento es importante tomar en cuenta que:

- La madera seca dura más que la fresca o húmeda.
- La madera sin corteza dura más que aquella que conserva la corteza.

- La madera tratada o “curada” con productos químicos con la finalidad de evitar su descomposición, dura más que la no “curada”
- La madera en una zona bien ventilada dura más que en una zona húmeda y caliente.

2.2.9.16. Tipos de estructuras de madera para el sostenimiento.

Los materiales empleados en el sostenimiento de aberturas mineras pueden ser de madera, concreto y acero, probablemente el primer material en ser empleado fue la madera, principalmente debido a su facilidad de obtención y moldeado.

Más aún, tiene la ventaja de una resistencia y dureza relativamente elevadas, en proporción a su peso. Sin embargo, debido a corta vida bajo las condiciones de mina subterránea y su costo cada vez más elevado y consideraciones ambientales, existen actualmente varios sustitutos.

A pesar de esta amplia variedad de cambios en cuanto a la forma, buzamiento, tamaño y carácter de la veta o depósito, así como de la roca encajonante, se siguen ciertos principios establecidos para el sostenimiento de la corona y los hastiales, el objetivo constante es el de prevenir el socavamiento de la labor, y para prevenir tal catástrofe se coloca la madera a fin de que sostenga en su lugar al macizo rocoso y siempre de tal manera que reciba las cargas directamente, evitando crear esfuerzos de corte o flexión. Aquí solamente nos referimos al uso de la madera como elemento de sostenimiento, porque la madera también tiene otros usos en el minado subterráneo, como la construcción de buzones, tolvas, estructuras para piques, chimeneas, barreras de contención para el relleno de tajeos, etc. Como sostenimiento la madera se utiliza principalmente en forma de puntales, paquetes, cuadros y conjunto de cuadros.

La duración de la madera en las minas es muy variable, pues, depende de las condiciones en que trabaje. Por ejemplo:

- La madera seca dura más que la verde.
- La madera descortezada dura más que aquella que conserva la corteza.
- La madera “curada” (tratada con productos químicos para evitar su descomposición) dura más que la que no ha sido tratada.
- La Madera en una zona bien ventilada dura más que en una zona húmeda y caliente.

2.2.9.17. Ventajas y desventajas de la madera.

La madera es un material de peso ligero, fácilmente transportable y que se maneja con facilidad en sistemas de soporte, entre las ventajas y desventajas puntuales se puede indicar lo siguiente:

A. Ventajas:

- Es ligera, se transporta, corta, maneja y coloca fácilmente como soporte en la mina.
- Se rompe a lo largo de estructuras fibrosas precisas, dando señales visuales y audibles antes de que falle completamente. Esto ha hecho que los mineros consideren a la madera como una ventaja psicológica sobre el acero.
- Las piezas rotas se pueden volver a utilizar para cuñas, bloques, relleno, etc.

B. Desventajas.

- Las resistencias mecánicas (flexión, tensión, pandeo, compresión y cortante) dependen de las estructuras fibrosas y de los defectos naturales que son propios de la madera.
- Muchos hongos afectan la madera cuando hay condiciones de humedad disminuyendo considerablemente su resistencia.

- La humedad tiene un efecto muy marcado en la resistencia.
- La madera es un material fácilmente combustible, por lo que el fuego podría propagarse rápidamente por los cuadros y producir gases venenosos, muchos casos de incendio han sucedido en minas peruanas, como ejemplo podemos citar la Mina de Cerro de Pasco.

2.2.9.18. Puntales.

Es el tipo más común de sostenimiento, donde un simple poste de madera es fijado verticalmente en una abertura para sostener el techo o perpendicularmente al buzamiento de una veta para sostener la caja techo (en buzamientos echados) o ambas, la caja techo y la caja piso (en buzamientos empinados), previniendo así la falla de la roca y el cierre de la excavación. Para el sostenimiento de las falsas cajas en vetas angostas, los puntales son elementos valiosos.

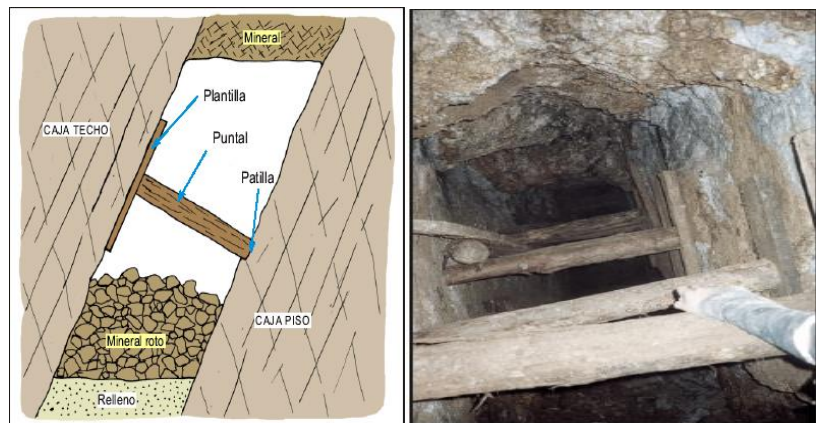


Figura N° 14: Sostenimiento con puntal.

- a) Los puntales son miembros compresivos con rangos de resistencia de 7 a 10 MPa, contruidos de madera redonda de 5" a 10" de diámetro y longitudes que no deben superar los 3.5 m, para evitar su pandeo y pérdida de resistencia.

- b) La sección circular de un puntal ofrece una mayor capacidad portante que las secciones cuadradas. Cuanto menor sea la longitud de un puntal, éstos ofrecen mayor capacidad portante.
- c) Los puntales deben ser empleados con el uso de plantillas y cuñas. La plantilla es usada para distribuir la carga en los extremos del puntal y para ayudar a mantener el extremo del puntal sin romperse cuando el peso es aplicado sobre éste. La cuña es usada para ajustar el poste contra el techo. El espaciamiento de los puntales dependerá de las características de la roca y del tamaño del puntal.
- d) En algunos casos se suele combinar el puntal con el uso de la malla metálica, para retener los bloques sueltos ubicados entre los puntales.

2.2.9.19. Paquetes de madera (WOODPACKS).

Cuando los puntales de madera no son suficientes para soportar el techo de una excavación, una alternativa de soporte es el uso de paquetes de madera. Este tipo de soporte es particularmente eficiente cuando se desarrollan fallas extensivas sobre el techo del tajeo, donde un gran peso muerto de la roca necesita ser soportado. Su uso está asociado al método de minado por corte y relleno descendente y también al método de cámaras y pilares, puesto que éstos pueden ayudar a complementar el sostenimiento con pilares naturales e incluso permitir la recuperación parcial de los pilares de mineral. Existen varias configuraciones de paquetes de madera, lo importante de todas ellas es que tengan la mayor cantidad de área sólida efectiva resultante del proceso de acomodamiento de la madera, puesto que a mayor área efectiva, mayor será la capacidad portante del paquete. Una configuración de un paquete de madera que se está utilizando con éxito en

nuestro medio es el que se muestra en las Figuras. En este caso los cuadros rectangulares o unidades del paquete tienen 0.45 m x 1.20 m (dimensiones externas), contruidos con madera cuadrada de 6" de lado. Un paquete armado con estas unidades tiene un área efectiva de soporte 2 de 0.63 m y puede desarrollar una capacidad de soporte de 90 Ton.



Figura N° 15: Modelo de instalación del Wood packs.

En la configuración del paquete indicado, las unidades que la conforman pueden ser fácilmente manipuladas por un trabajador, facilitando y ahorrando tiempo en la instalación. Además, ofrece la posibilidad de armar paquetes más robustos, para condiciones más desfavorables de terreno.

2.2.9.20. Cuadros.

Éstos son utilizados para sostener galerías, cruceros y otros trabajos de desarrollo, en condiciones de roca fracturada a intensamente fracturada y/o débil, de calidad mala a muy mala y en condiciones de altos esfuerzos. Si las labores son conducidas en mineral, el enmaderado debe ser más sustancial para mantener la presión y el movimiento de roca en los contornos de la excavación.

Los principales tipos de cuadros que usualmente se utilizan son: los cuadros rectos, los cuadros trapezoidales o denominados

también cuadros cónicos y los cuadros cojos. Todos estos son elementos unidos entre sí por destajes o por elementos exteriores de unión, formando una estructura de sostenimiento.

2.2.9.21. Cuadros rectos.

Son usados cuando la mayor presión procede del techo. Están compuestos por tres piezas, un sombrero y dos postes, asegurados con bloques y cuñas, en donde los postes forman un ángulo de 90° con el sombrero. En ciertos casos los postes van sobre una solera. Estos cuadros están unidos por los tirantes, los cuales determinan el espaciamiento de los mismos, que varía de 2 a 6 pies según la calidad del terreno. Para completar el sostenimiento se adiciona el encribado en el techo, generalmente con madera redonda y el enrejado en los hastiales con madera redonda, semi redonda o entablado. En labores de avance horizontales o subhorizontales, los postes son instalados verticalmente y en labores con buzamiento (en mineral), los postes son instalados en forma perpendicular al buzamiento, de tal manera que el sombrero quede paralelo a las cajas.

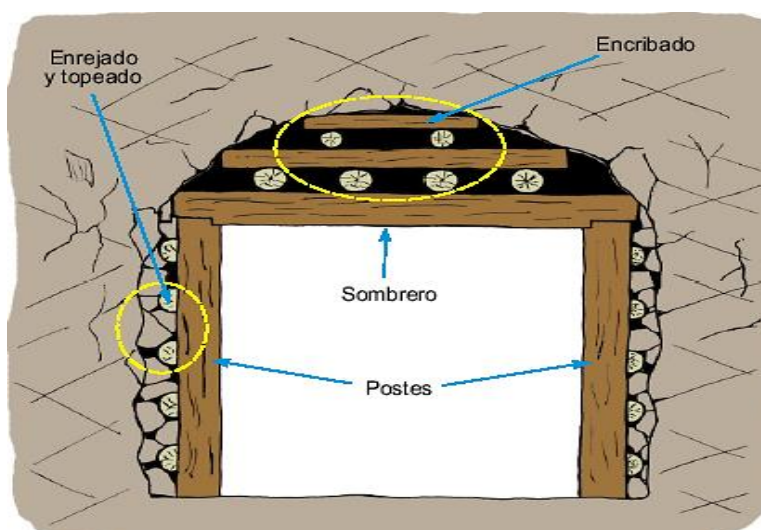


Figura N° 16: Cuadro recto.

2.2.9.22. Cuadros cónicos.

Son usados cuando la mayor presión procede de los hastiales. La diferencia con los cuadros rectos, solo radica en el hecho de que en los cuadros cónicos se reduce la longitud del sombrero, inclinando los postes, de tal manera de formar ángulos de 78° a 82° respecto al piso, quedando el cuadro de forma trapezoidal.

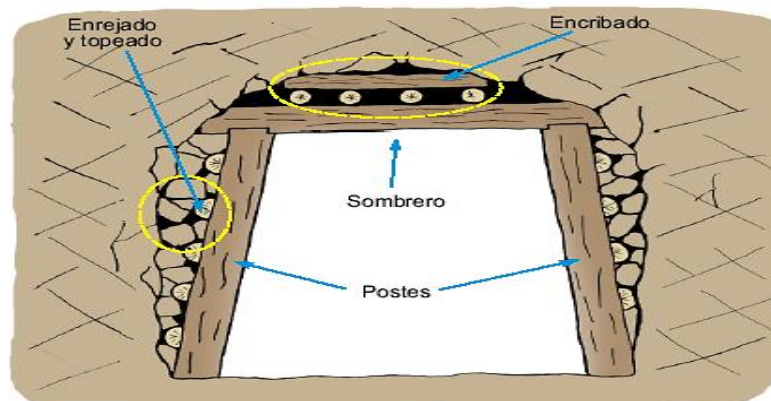


Figura N° 17: Cuadro cónico.

2.2.9.23. Cuadros cojos.

Estos están compuestos por solo un poste y un sombrero. Se utilizan en vetas angostas menores de 3 m de potencia. Su uso permite ganar espacio de trabajo.

Pueden ser verticales o inclinados según el buzamiento de la estructura mineralizada. Estos cuadros deben adecuarse a la forma de la excavación para que cada elemento trabaje de acuerdo a las presiones ejercidas por el terreno.

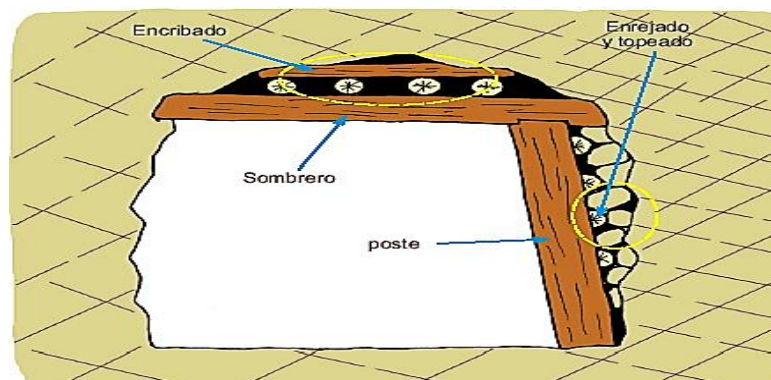


Figura N° 18: Cuadro cojo.

2.2.9.24. Conjunto de cuadros.

Este es un método costoso con baja productividad y solo utilizado en minerales de alta ley para una máxima recuperación, cuando no se pueden utilizar cuadros simples (rectos o cónicos), lo cual ocurre cuando las dimensiones de la estructura mineralizada o de la labor minera superan los 3 m. El método de minado por conjunto de cuadros ha sido generalmente convertido a sistemas de corte y relleno.

Este sistema de sostenimiento está formado por: postes, sombreros y tirantes, sistemáticamente armados, en lo posible alineando los cuadros de madera con la dirección del máximo esfuerzo. El conjunto debe ser bloqueado ajustadamente a las paredes, al frente y al techo, para dar máximo soporte en terrenos malos.

También se usa conjunto de cuadros en los piques, pero su función primaria es dividir al pique en compartimientos y como un medio de fijar las guías, tubos, cables, etc. El bloqueo del conjunto de cuadros proporciona un mínimo de sostenimiento al terreno, el sostenimiento principal de la masa rocosa del pique, de ser requerido, deberá efectuarse con pernos y/o malla y/o shotcrete.

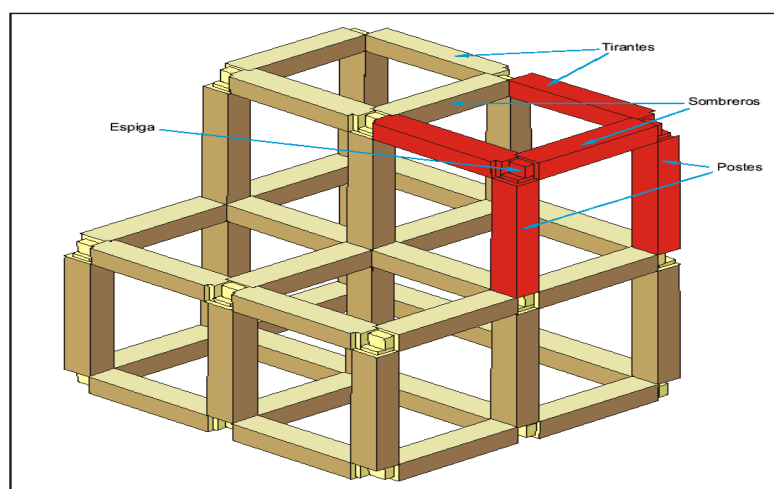


Figura N° 19: Conjunto de cuadros.

2.2.9.25. Procedimientos de instalación.

Los aspectos más importantes de la instalación del sostenimiento con madera son:

- Las precauciones que deben tomarse antes del enmaderado, como comprobar la ventilación, el desatado correcto del techo, cajas y frente, sostener provisionalmente la labor de ser necesario, colocar guarda cabeza y la limpieza del piso.
- Asegurar que el personal esté entrenado y capacitado adecuadamente para realizar el sostenimiento. Éste deberá conocer las reglas de seguridad, la técnica de enmaderar derrumbes y zonas de terreno débil, separar la madera rota y rendida, saber colocar puntales de seguridad, armar y reparar cuadros en galerías y tajeos, conocer las medidas más comunes de la madera, aserrar y hacer destajes a la madera, no dejar inconcluso el enmaderado, utilizar las herramientas adecuadas, etc.
- Para el caso de los cuadros de madera, que es el sistema de sostenimiento más utilizado en la minería peruana, una guía de instalación sería: alinear y medir la ubicación de la solera, excavar el canal para la solera, colocar y bloquear la solera, parar los postes, preparar el andamio, clavar el tope al sombrero, colocar el sombrero, bloquear el sombrero, clavar los tajos para tirantes, colocar los tirantes, colocar el puente, encribar el techo, bloquear el puente, enrejar los costados y desarmar el andamio.
- Es muy importante para el rendimiento del sostenimiento con madera, que toda unión este bien ajustada y bloqueada al terreno. Si esta condición no es cumplida, las presiones del terreno pueden desviar la estructura de madera, pudiendo llevarla al colapso.

En tal sentido, es recomendable hacer un buen uso de los elementos accesorios de sostenimiento.

- En el caso del sostenimiento con madera, el control de calidad deberá dirigirse a verificar la correcta instalación de los elementos de sostenimiento y a realizar inspecciones visuales del rendimiento del sostenimiento.
- Todos los aspectos antes desarrollados sobre el sostenimiento en el minado subterráneo, están referidos a casos comunes utilizados en la minería para el control de la estabilidad de las labores mineras.
- Sin embargo, hay otras técnicas de sostenimiento que son utilizadas en el minado subterráneo, las mismas que se mencionan a continuación.

2.2.9.26. Refuerzo de pilares.

En pilares importantes asociados a excavaciones permanentes, cuando éstos son inestables, se suele utilizar: pernos pasantes, cables pasantes o cables enrollados al pilar, siendo esta última conocida como el enzunchado de pilares, de tal manera que se llega a estabilizar el pilar inestable. Los cables que se utilizan son los mismos cables de refuerzo para el sostenimiento de excavaciones mineras.

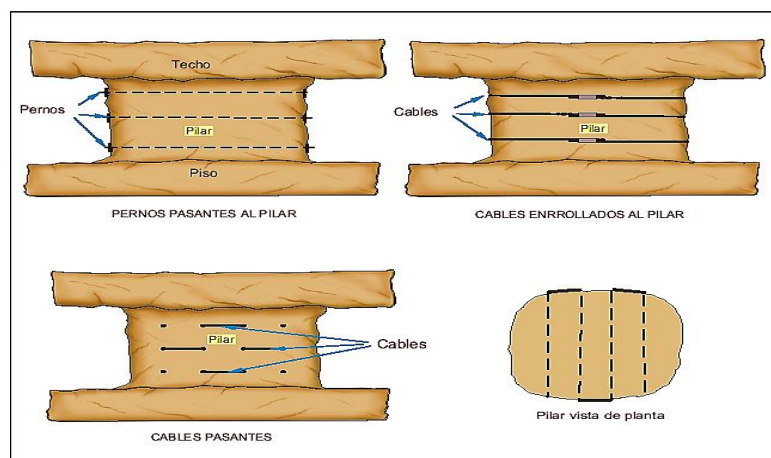


Figura N° 20: Sostenimiento de los pilares.

2.2.9.27. Sistema de gestión de seguridad.

Actualmente las exigencias de la Legislación Minera Peruana y al compromiso de estándares internacionales, la Minera Reyna Cristina, como en muchas empresas del sector minero como metálico y no metálico, ha visto la necesidad de ir cambiando progresivamente el manejo tradicional del Programa de Seguridad e Higiene Minera, a una verdadera y eficaz gestión de riesgos, a través de la implementación de Sistemas integrales de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente. Siendo lo que verdaderamente necesita el equipo gerencial de cualquier organización que desea ser exitosa competitiva de categoría a nivel local y nacional.

El problema de fondo radica en los valores, creencias, costumbres, percepciones y actitudes de los gerentes y trabajadores; es decir aquello que se ha venido a denominar cultura de seguridad, aspecto que juega un rol fundamental, determinando el éxito o el fracaso.

Actualmente ninguna empresa puede permitirse estar sin un sistema de seguridad efectiva y periódicamente actualizado, para identificar, evaluar, medir y finalmente controlar los problemas de seguridad, salud, procesos y ambiente relacionados con la producción y las diferentes operaciones en la minera.

La Minera Reyna Cristina, viene implementado en forma gradual el sistema de gestión de seguridad, con el fin de garantizar sus operaciones en forma segura y de calidad.

El problema de la implementación de un sistema radica básicamente en los valores, creencias, costumbres, percepciones y actitudes de los gerentes y trabajadores; es decir aquellos que se ha venido a denominar cultura de seguridad, aspecto que juega un rol fundamental el éxito o fracaso.

El objetivo principal de un sistema de gestión es guiar, educar, entrenar y motivar a todos los trabajadores y gerentes de la minera Reyna Cristina, en las técnicas del manejo y control de riesgos, así de esta manera prevenir todas las formas de pérdidas humanas, propiedad y medio ambiente.

Podemos mencionar algunos objetivos.

- Identificar todos los riesgos de las operaciones.
- Evaluar el riesgo de cada exposición.
- Desarrollar un plan que solucione la exposición al riesgo.
- Monitorear, medir, elogiar, o corregir.

2.2.9.28. Riesgos de accidentes en interior de la mina.

El riesgo relacionado a la caída de rocas, sigue siendo uno de los problemas y peligros más comunes en las operaciones en todas las labores subterráneas de la minera Reyna Cristina, los trabajadores dentro de la mina por la complejidad tectónica de su formación, están muy conscientes del riesgo inherente de accidentes y posible daños al personal y equipo que trabajan en tales circunstancias.

La madera ha sido el medio dominante de soporte en los años atrás en la mina Reyna Cristina sin los estudios correspondientes geomecánicos. Sin embargo, aparte de caída de rocas, la probabilidad de la ocurrencia de accidentes en las operaciones de la mina son muchas, entre ellos podemos mencionar algunos:

- Operación de carga y descarga,
- Acarreo y transporte,
- Manipulación de materiales,
- Caída de personas,
- Herramientas,
- Asfixia, etc.

2.2.9.29. Causas de accidentes.

Las causas de los accidentes que se han identificado en la mina Reyna Cristina son:

Causas Inmediaciones: Actos y condiciones sub – estándares.

Causas básicas o de causas raíz: Factores personal y factores de trabajo.

a) Las causas inmediatas:

Los actos sub estándares, trabajos incorrectos, Ejemplos: perforar con techo elevado, techo no desatado, incumplimiento de esta forma las normas de seguridad, procedimientos de trabajo, etc. Las condiciones sub estándares; condiciones físicas en mal estado perforar en labores con presencia de gases tóxicos. (CO, CH₄).

- **Los actos estándares:** acciones incorrectas que realiza cada trabajador en su área de trabajo, comportamiento inadecuado y la conducta que se ubican debajo de las normas establecidas, que dan a lugar la ocurrencia de los accidentes.
- **Las condiciones sub estándares:** Son condiciones físicas, como las instalaciones o materiales existentes que se encuentra debajo de las normas establecidas en las zonas de operaciones, también son las que originan los accidentes.

Los siguientes son ejemplos de algunos actos sub estándares que cometen los trabajadores en la CIA. Minera Reyna Cristina:

- Operar equipos a velocidades inadecuadas.
- Operar algunos equipos mineros sin la autorización por el área de seguridad.
- Asegura inadecuadamente las volantes de los motores.

- Usar equipo de mina defectuosos o en mal estado.
- Usar los equipo de protección personal (EPP'S) deteriorados.
- Realizar mantenimiento de equipo en movimiento.
- Poner fuera de servicios los sistemas de seguridad de los equipos.
- Poner fuera de servicios los sistemas de seguridad de los equipos.
- Trabajar bajo influencia de alcohol.
- Adoptar posiciones incorrectas en una tarea, etc.

Los siguientes son ejemplos de condiciones sub estándares que existe en las zonas de operaciones de la mina Reyna Cristina:

- Labores mineras con presencia de gases (CO, CH₄).
- Falta de orden y limpieza en las labores.
- Presencia de polvo en las labores en grandes cantidades.
- Sistema de advertencia insuficiente en las labores etc.

b) Las causas básicas: Son las faltas o fallas de control originados por la administración, por la alta gerencia, gerencia de operaciones y los gerentes (supervisores) de área.

Las causas básicas son las que originan las causas inmediatas, se viene tomando algunas medidas en la organización. Por ejemplo capacitación a los supervisores en temas de liderazgo, la cultura de seguridad, la empatía, etc., herramientas que permitirán cambiar las actitudes negativas de la supervisión.

Las causas básicas ayudan entre otras cosas a explicar el por qué la gente comete errores (actos inseguros), o

porque realizan trabajos incorrectos (condiciones inseguras). Por lógica se puede deducir, un trabajador no podrá realizar una actividad correcta, si no se le ha enseñado adecuadamente, no se le ha capacitado o instruido oportunamente.

Las causas básicas se dividen en factores personales y factores de trabajo. En resumen, las causas básicas son sin lugar a duda los que originan la ocurrencia de los accidentes. La minera Reyna Cristina, tiene claro esta premisa y por esa razón viene implementado el sistema de gestión de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente, sistema que permitirá a mejorar las operaciones con calidad.

Algunos ejemplos de factores de trabajo en la CIA. Reyna Cristina:

- Liderazgo y supervisión deficiente por parte de algunos supervisores de interior mina.
- Mantenimiento de maquinaria inadecuado de los equipos de mina.
- Equipos, herramientas y materiales inadecuados, hechizos en algunos casos.
- Algunos procedimientos de trabajo inadecuado.
- Falta de capacitación a los trabajadores y supervisores en temas de gestión de seguridad, liderazgo, etc.

Algunos ejemplos de factores personales:

- Capacidad mental /psicológica mental inadecuada: presión por la producción.
- Estrés físico o fisiológico de los trabajadores en mina (10 horas de trabajo en interior mina).

- Conocimiento deficiente de trabajos de algunos trabajadores.
- Falta de habilidad en identificar los peligros en el trabajo de algunos trabajadores.
- Motivación deficiente por parte de la supervisión de primera línea. En algunos casos trabajan con presión.

2.2.9.30. Prevención de accidentes por caída de rocas.

La industria minera no metálica es una actividad de alto riesgo, sobre todo en la explotación de carbón (antracita) por método subterráneo que es la más compleja y de mayor exposición de los trabajadores. Durante los últimos años una tendencia permanente ha sido la presencia de desprendimientos de rocas como un accidente recurrente que ha ocasionado los accidentes leves, incapacitantes hasta fatal.

Estos tipos de accidentes, son que vienen ocurriendo en la mina Reyna Cristina. De igual modo, los elevados costos que vienen ocurriendo por daños a equipos, materiales e instalaciones. Por lo que la empresa viene tomando medidas de prevención con el fin de reducir estos eventos, implementando sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional en minería.

2.2.9.31. Causas de accidentes por desprendimientos de rocas – estándares de trabajo.

En la Compañía Minera Reyna Cristina, los ingenieros que vienen diseñando y ejecutando los sistemas de refuerzo de rocas, se encuentran por alcanzar los niveles más altos de seguridad, para optimizar el sistema de refuerzos y hacerlos económicos, así mismo también vienen realizando a fin de controlar y prevenir las causas de los accidentes por desprendimientos de rocas, considerando las siguientes medidas:

- La roca circundante debe sufrir el mejor impacto (daño) posible después de una voladura (voladura controlada).
- Después de una voladura la labor debe ser cuidadosamente desatada y verificado mediante un CHECK LIST, por parte del mismo trabajador, luego por el supervisor de área.
- El tiempo entre la voladura y el sostenimiento o refuerzo de roca debe de ser el mínimo tiempo. En cuanto haya terminado la voladura y después del desate obligatorio, en la guardia siguiente se instalada el primer sostenimiento o refuerzo, según la caracterización del macizo rocoso.
- Cada sistema de sostenimiento o refuerzo tiene su aplicación y directamente está relacionado a la complejidad de la calidad de la roca, donde está emplazada las labores, de acuerdo a los conceptos mencionados.
- Otras de las causas que originan los accidentes es también por fallas humanas. El personal no cumple el procedimiento de trabajo de desatado de rocas.

2.2.9.32. Las cusas inmediatas.

- Los actos sub estándares, trabajos incorrectos, Ejemplos: perforar con techo elevado, techo no desatado, incumplimiento de esta forma las normas de seguridad, procedimientos de trabajo, etc.
- Las condiciones sub estándares: condiciones físicas en mal estado perforar en labores con presencia de gases tóxicos. (CO₂, CH₄).

2.2.9.33. Las cusas básicas.

- a) Factores personales: mencionados perforistas realizando trabajos de perforación sin la experiencia, sin capacitación adecuada.

b) Factores de trabajo: la gran mayoría de los accidentes por caída de rocas son por factores de trabajo, mencionamos algunos de ellos:

2.2.9.34. Método de minado:

Elegir el método de explotación inadecuado o trabajar en forma incorrecta un método, también es otro riesgo para la caída de rocas la aplicación de método, también es otro riesgo para la caída de rocas. La aplicación de métodos inapropiados, con respecto al tipo y calidad de rocas, darán malos resultados o de consecuencias negativas. Cuando se explota se explota un tajeo se debe hacerse algunas preguntas: ¿qué resistencia tiene la caja techo?, ¿qué características estructurales tiene la caja techo y piso?, ¿qué tipo de roca se tiene en techo de la labor? si no se analiza estos parámetros, se tendrá un método de minado inadecuado y por lo tanto generara accidentes por caída de rocas y perjudicial para la seguridad del personal.

2.2.9.35. Perforación y voladura.

La mala orientación, espaciamiento inadecuado, falta de paralelismo de los taladros en el techo o corona, en las cajas o hastiales. De igual modo, carga y distribución de explosivos incorrectos a los taladros, darán como resultado una voladura incorrecta, por lo tanto, generará el debilitamiento de la masa rocosa y luego el desprendimiento de rocas. En el caso de la mina Reyna Cristina, sin embargo hay perforistas que vienen incumpliendo a las normas establecidas. En cuanto a la voladura, se distribuye uniformemente de carga en cada taladro y permite una voladura adecuada. Sin embargo hay trabajadores de voladura por prisa usan incorrectamente los explosivos, por tanto, no cumplen los procedimientos de trabajo.

2.2.9.36. Tipo de sostenimiento.

Una labor con sostenimiento inadecuado permitirá desprendimiento de rocas. El sostenimiento en la mina Reyna Cristina se lleva acabo de acuerdo a las recomendaciones del área de geomecánica mediante procedimientos.

2.2.9.37. Mala supervisión.

Otras de las causas básicas de los accidentes por caída de rocas es la supervisión, se descuidan o no hacen cumplir con los procedimientos de trabajo de sus trabajadores.

En la CIA. Minera Reyna Cristina, se viene trabajando en la capacitación de forma permanente con los supervisores, a fin de eliminar los paradigmas antiguos, para algunos supervisores todavía la producción es primero y la seguridad es responsabilidad solo del feje de seguridad.

2.2.9.38. Estándares de trabajo estándar.

Peso o medida o por medio del cual la exactitud de un proceso puede ser auditado. Es el qué hacer una actividad.

Determina quien hará qué, cuándo y con qué grado de responsabilidad.

En el caso de la mina Reyna Cristina, los estándares están incluidos en los procedimientos de trabajo que se les entrega a todos los trabajadores.

2.2.9.39. Medidas de prevención.

En Reyna Cristina la prevención de accidentes por caída de rocas, es un trabajo desplegado entre las áreas comprometidas con la operación:

Planeamiento, Geología, Geomecánica, Mina y Seguridad. Los resultados se obtienen del trabajo en conjunto entre las áreas

comprometidas en el desarrollo de la explotación del Carbón y los esfuerzos coordinados de cada jefe de área involucrada.

a) Control de planeamiento.

Para un buen control de minado, es importante un programa de producción, los cuales deben ajustarse a la semana o en forma mensual, para realizar un control detallado del programa relacionado con la ejecución. No sabemos dónde estaremos en una semana, pero si sabemos exactamente que vamos hacer durante la semana o en un mes. En la mina Reyna Cristina, al realizar el programa mensual o semanal, las jefaturas de las áreas operativas se anticipan mediante un programa, donde se anticipan y reconocen los tipos de terreno del carbón a trabajar, por lo tanto, todos los responsables están inmersos en la prevención para evitar la ocurrencia de accidentes, programándose campañas de desate, sostenimiento y demarcación de áreas críticas.

b) Control geológico (litología Peligrosa).

Hay una supervisión de todos los días en la mina por parte de los geólogos y los topógrafos, están casi siempre en las labores y pueden observar los problemas geológicos de toda la información y de los levantamientos geológicos diarios. Se obtienen informaciones para el desarrollo de las labores a ejecutar.

c) Control geomecánico.

Con el fin de determinar la calidad del macizo rocoso, se ha considerado los siguientes aspectos:

- Identificación de las características del tipo de roca.
- Determinación del RMR de la roca.

- Recomendaciones del tipo de sostenimiento en base a los datos recopilados.
- Control y cumplimiento del desarrollo y calidad del sostenimiento.

El jefe de geomecánica realiza inspecciones en las diferentes labores de interior mina en forma permanente y reporta todos los días en el reparto de guardia. Así mismo envía recomendaciones por escrito de algunas observaciones que cree conveniente o desviaciones encontradas en las labores mineras.

d) Control de sostenimiento.

Para el desarrollo efectivo del sostenimiento en las labores de mina Reyna Cristina, se cumple con todas las recomendaciones del área de geomecánica con respecto a las tablas de sostenimientos, las que fueron elaboradas, luego de un detallado análisis, considerando las características de la litología y aspectos estructurales del macizo. Esto permite controlar un sostenimiento adecuado de todo el laboreo minero y garantiza una operación segura.

e) Control de Seguridad.

La supervisión de seguridad es una actividad preventiva muy importante (inspecciones de seguridad), todas ellas orientadas a evitar los accidentes, concentrando su atención al cumplimiento de procedimientos, observación de tareas etc.

Una vez realizada las actividades preventivas que son las inspecciones, se envían las recomendaciones al jefe de mina, anotando el cumplimiento de las recomendaciones: se menciona algunos de ellos

Perforación y voladura de labores.

- Carguío y acarreo de mineral y desmonte.
- Chek list de los equipos mineros.
- Mantenimiento de vías fuera e interior de mina.
- Verificación del tipo de sostenimiento, mediante el uso y el cumplimiento de la tabla geomecánica.
- Desatado de roca en las diferentes labores.
- Despeño del personal.
- Capacitación in situ a los trabajadores, etc.

2.2.9.40. Inspección del terreno y desatado de rocas – Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS).

La inspección de seguridad es una herramienta de gestión de seguridad muy importante en una organización. Es un proceso de observación metódica para examinar situaciones críticas de prácticas, condiciones, materiales y estructuras. Son realizadas por supervisores entrenados y conocedores en la identificación de peligros, con el fin de prevenir pérdidas. El objetivo de las inspecciones de seguridad es detectar los actos y condiciones sub-estándares que existen en la zona de operación. De igual modo estas inspecciones se llevan a cabo en forma programada y no programada en compañía de los jefes de divisiones y los supervisores de guardia, luego se envía las recomendaciones escritas y los plazos de cumplimiento. Se adjuntan el PETS de inspección de terreno y desatado de rocas en el anexo.

2.2.9.41. Procedimiento para el desatado de roca – investigación de accidentes.

El procedimiento de desatado de rocas es el método específico para llevar a cabo una de las tareas más importantes del ciclo de minado.

Es una herramienta de gestión muy valiosa, donde cada trabajador viene cumpliendo en forma secuencial y ordenada todos los pasos a seguir, una de las funciones de la supervisión es el seguimiento y el cumplimiento de los procedimientos por parte de los trabajadores. Para tal fin, cada supervisor viene capacitando, entrenado a su personal, la forma como debe realizar el trabajo en forma sencilla.

2.2.10. Origen del carbón (antracita).

Según el Instituto Mundial del Carbón (1998). Es una roca cuyo origen proviene de la acumulación y alteración físico-química de materia vegetal. Las acumulaciones originales de la vegetación (primordialmente plantas leñosas) dan por resultado la formación de turba, sustancia precursora del carbón.

La turba se convierte en carbón después de quedar sepultada y con un incremento de presión y temperaturas elevadas, alternando estas de forma progresiva se comprimen y endurecen hasta alterar la materia y convertirse en grafito.

En eras geológicas remotas, en el periodo carbonífero, grandes extensiones del planeta estaban cubiertas por una vegetación abundante que crecía en pantanos. Al morir las plantas, quedaban sumergidas por el agua y se descomponían poco a poco.

A medida que se producía esa descomposición, la materia vegetal perdía átomos de oxígeno e hidrógeno, con lo que quedaba un depósito con un elevado porcentaje de carbono. Así se formaron las tuberías.

Con el paso del tiempo, la arena y el lodo se fueron acumulando sobre alguna de esas tuberías. La presión de las capas superiores, así como los movimientos de la corteza terrestre, en ocasiones, el calor volcánico, comprendieron y endurecieron los depósitos hasta formar carbón.

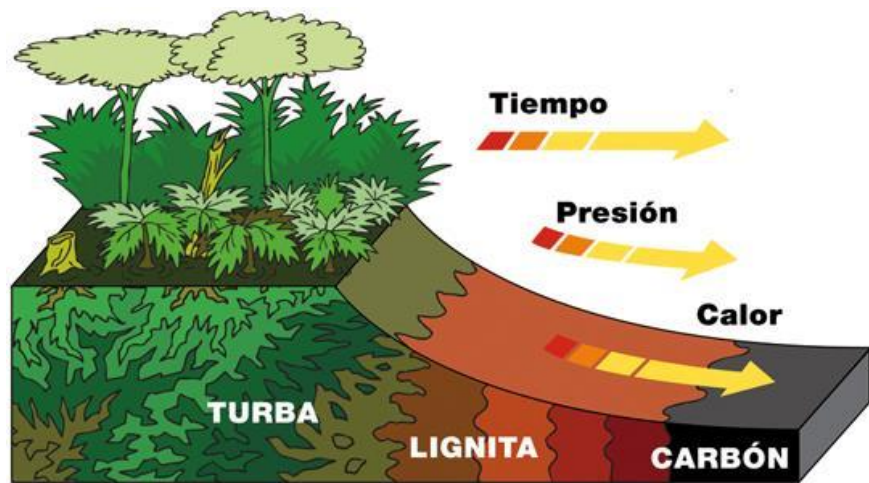


Figura N° 21: Origen de la formación del carbón.

2.2.11. El carbón o carbón mineral.

Según el Instituto Mundial del Carbón (1998). Es una roca sedimentaria de color negro, combustible, de origen orgánico compuesta principalmente de carbono, hidrógeno, azufre y oxígeno formado a partir de la vegetación, la cual ha sido consolidada entre otros estratos de rocas para formar capas, transformadas por los efectos combinados de la acción microbiana, presión y calor, durante un considerable período de tiempo. La mayor parte del carbón se formó durante el período Carbonífero (hace 359 a 299 millones de años). Es un recurso no renovable.

2.2.12. Formación (Carbonificación).

Según. Rodríguez, S. (1986). La **carbonificación** es el proceso geológico de formación de materiales con contenido creciente en carbono (turbas y carbones minerales) a partir de materiales orgánicos que se encuentran en la corteza terrestre por transformación gradual a temperaturas moderadas (alrededor de 250 °C) y a alta presión.

La carbonificación es un proceso de deshidrogenación incompleta, con una cinética muchísimo más lenta que la de la carbonización (eliminación de los volátiles de la materia orgánica por calentamiento en

ausencia de aire). La carbonificación no es una fosilización ya que en el caso de la fosilización la materia orgánica se sustituye gradualmente por materia mineral mientras que en el caso de la carbonización el carbón mineral resultante sigue siendo un compuesto orgánico.

FORMACIÓN DEL CARBÓN



Figura N° 22: Formación del carbón.

2.2.13. En la carbonificación existen dos grandes etapas:

Según el Instituto Mundial del Carbón (1998). La diagénesis: En la que tiene lugar descomposición de la materia orgánica por las bacterias hasta formar la turba.

a) El metamorfismo: Es la continuación de la carbonificación por la acción del calor y la presión.

Durante la diagénesis: Ocurren procesos de descomposición de la materia orgánica debido al ataque de las bacterias aeróbicas, lo que sucede cuando los restos vegetales están cubiertos parcialmente por agua o a poca profundidad donde aún hay oxígeno para que puedan existir estas bacterias.

Durante esta etapa se produce una reducción de volumen de hasta un 50%. Una vez que las bacterias consumen todo el oxígeno esta etapa finaliza y comienza la descomposición de la materia orgánica restante por las bacterias anaeróbicas.

En esta etapa continua la descomposición de la materia orgánica produciéndose ácidos húmicos, los cuales van acidificando el medio hasta llegar a un pH 4 en el cual mueren las bacterias anaeróbicas. De esta forma se forma la turba sobre la cual se van depositando más restos vegetales que a su vez forman más turba, lo que hace que la temperatura de las capas inferiores vaya aumentando comenzando las transformaciones por metamorfismo cuando la temperatura alcanza los 100 °C.

Con el transcurso de miles de años, más acumulaciones de turba y sedimentos van enterrando cada vez más el carbón mineral que se está formando. Debido al aumento de la temperatura y la presión el carbón mineral va evolucionando desde el lignito hasta la antracita, liberándose gases, sustancias volátiles y aceites, y enriqueciéndose cada vez más en carbono el carbón mineral formado.

La gran mayoría de los depósitos de carbón mineral se formaron durante el período geológico del Carbonífero.

Otros depósitos importantes se formaron durante el periodo del Pérmico. Existen también depósitos menos abundantes pero significantes, formados durante el periodo del Triásico y el Jurásico y en menores cantidades de formación se da en el Cretácico.

ERAS GEOOLÓGICAS Y LÍMITES TEMPORALES APROXIMADO

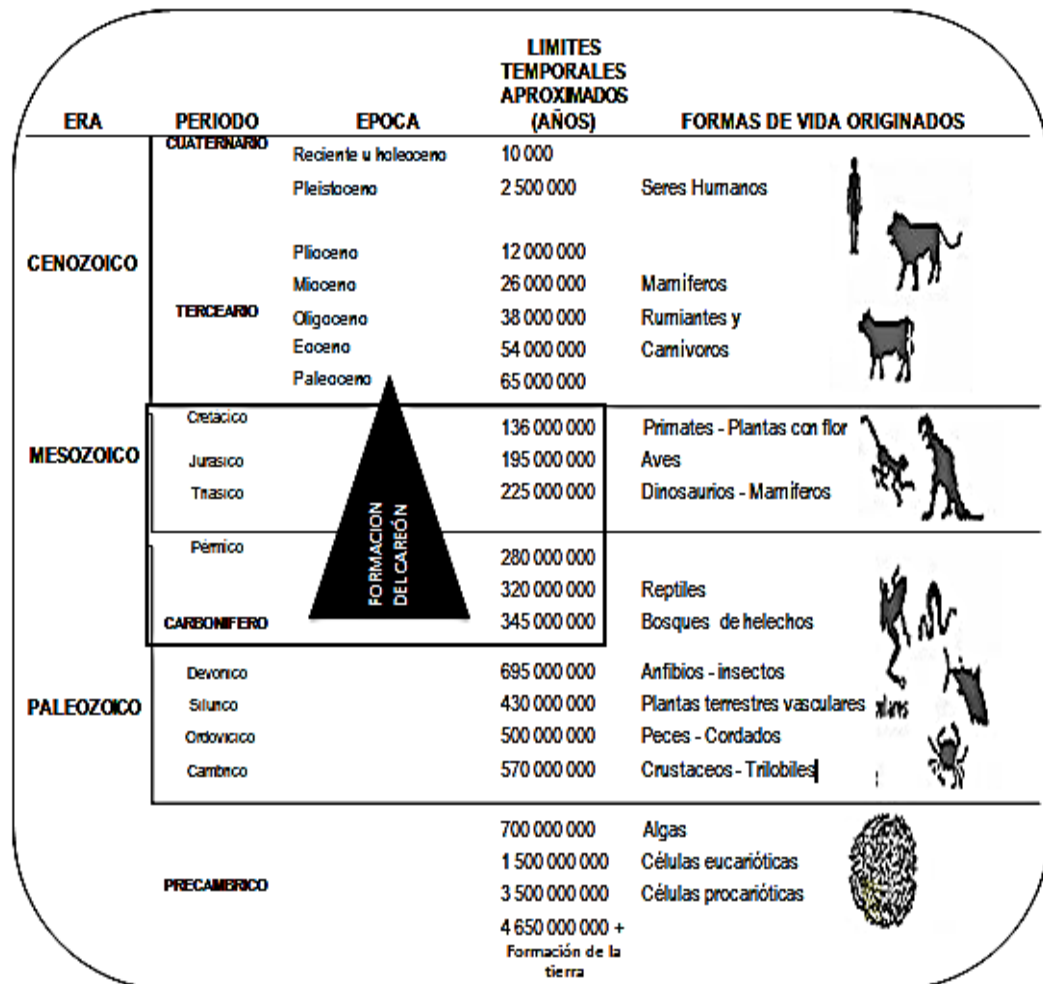


Figura N° 23: Formación del carbón y los límites temporales.

2.2.14. Tipos de carbón.

Según el Instituto Mundial del Carbón (1998). Existen numerosas variedades de carbón, las cuales se pueden clasificar según características como:

- ❖ Humedad.
- ❖ Porcentaje en materias minerales no combustibles (cenizas).
- ❖ El poder calorífico.
- ❖ Inflamabilidad, en conexión con el porcentaje de elementos volátiles.

- ❖ El análisis elemental es un ensayo químico que proporciona la fracción másica de cada uno de los cinco elementos que componen principalmente todos los tipos de carbón: carbono (C), nitrógeno (N), oxígeno (O), hidrógeno (H), azufre (S).

2.2.15. Clasificación del carbón.

Según el Instituto Mundial del Carbón (1998). Las principales categorías de carbón se basan en el porcentaje de carbono que contiene, el cual a su vez depende de la evolución geológica y biológica que ha experimentado el carbón:

Turba (50 a 55 %): producto de la fosilización de desechos vegetales por los microorganismos en zonas húmedas y pobres en oxígeno. Se distingue fundamentalmente por su color y densidad. Es difícil eliminar el alto contenido en agua.

Análisis elemental:

C: 50% H:5% O:45% PCI 8poder calorífico inferior):

5000 – 5800Kcal/Kg. Contenido en agua 90% - 50%

Lignito (55 a 75 %), o carbón café:

De característica suave. Carbón sub-bituminoso o Lignito negro.

Lignitos pardos:

Carbones terroso. Análisis elemental. C: 50% H: 55% O: 30%

PCI: 2000Kcal/Kg. Contenido de agua 60%.

Lignitos negros.

Duro negro brillante. Análisis elemental. C: 76% H: 55% O: 18%

PCI: 3700 Kcal/Kg.

Hulla (75 a 90 %):

Hulla grasa o Carbón bituminoso bajo en volátiles, tipo de carbón más corriente.

Hulla semigrasa.

Hulla delgada, o hulla seca.

Análisis elemental.

C: 85% H: 5% O: 8%

Análisis inmediato volátiles 8-48% PCI: 7500Kcal/ Kg.

Antracita (90 a 95 %): el que tiene mayor proporción de carbono.

Análisis elemental C: 96% H: 2,5% O: 2% PCI: 8100 Kcal/ Kg.
8% de materias volátiles. Las temperaturas requeridas para formar antracita son de 170 a 250 °C, lo cual supera a las temperaturas alcanzadas en las profundidades de la mayoría de las cuencas sedimentarias. La antracita es el carbón mineral de más alto rango y el que presenta mayor contenido en carbono, hasta un 98%. Es negro, brillante y muy duro.

Su densidad oscila entre 1,2 y 1,8 gr/cm³.

Debido a su bajo contenido en materia volátil, la antracita presenta una ignición dificultosa. Arde dando una llama azul corta y sin apenas humos.

Su poder calorífico oscila entre 23 y 69 MJ/kg, ligeramente inferior al de los carbones bituminosos, valor aproximado de 8.300 Kcal/Kg.

Procede de la transformación de la hulla y se formó hace unos 250 millones de años, durante los períodos Carbonífero y Pérmico, en la era Primaria. Es por tanto el carbón más antiguo y casi siempre está metamorfozado.

Este carbón fósil está formado en el paleozoico. Los principales yacimientos de antracita se encuentran en China y Rusia.

2.2.16. Derivados y usos del carbón.

Según. Menéndez, J. Ángel (2006). El carbón suministra el 25% de la energía primaria consumida en el mundo, solo por detrás del petróleo. Además es de las primeras fuentes de energía eléctrica, con el 40% de producción mundial. Algunos de sus más importantes usos corresponden a la generación de electricidad, la producción de acero y la fabricación de cemento.

- **Generación de energía eléctrica:**

Las centrales térmicas de carbón pulverizadas constituye la principal fuente de energía eléctrica en el mundo.

En los últimos años se han desarrollado otros tipos de centrales que tratan de aumentar el rendimiento y reducir las emisiones contaminantes, entre ellas las centrales de lecho fluido a presión.

- **Coque:** Es el producto de la pirolisis del carbón en ausencia del aire. Es utilizado como combustible y reductor en distintas empresas, principalmente en los altos hornos (coque siderúrgico). Es utilizado como combustible y reductor en distintas industrias, principalmente en los altos hornos. Dos tercios del acero mundial se producen utilizando coque de carbón, consumiendo en ello 12 % de la producción mundial de carbón (cifras de 2013).
- **Siderurgia:** Mezclando minerales de hierro con carbón se obtiene una aleación en la que el hierro se enriquece en carbono, obteniendo mayor resistencia y elasticidad. Dependiendo de la cantidad de carbono, se obtiene:
 - Hierro dulce: menos del 0,2 % de carbono.
 - Acero: entre 0,2 % y 1,2 % de carbono.
 - Fundición: más del 1,2 % de carbono.
- **Uso doméstico:** Históricamente el primer uso del carbón fue como combustible doméstico.

Aún hoy sigue siendo usado para calefacción, principalmente en los países en vías de desarrollo, mientras que en los países desarrollados han sido desplazados por otras fuentes más limpias de calor (gas natural, propano, butano, energía eléctrica) para rebajar el índice de contaminación.
- **Industrias.** Se utiliza en las fábricas en proporciones mínimas ya que necesitan mucha energía en sus procesos, como las fábricas de cemento y de ladrillos.

- **Carboquímica:** La carboquímica es practicada principalmente en África del sur y China.

Mediante el proceso de gasificación se obtiene un gas llamado gas de síntesis, compuesto principalmente de hidrogeno y monóxido de carbono. De esta mezcla se obtienen numerosos productos químicos tales como:

Amoniaco, metanol, gasolina y gasóleo a través del proceso Fischer-tropsch (proceso químico para la producción de hidrocarburos líquidos a partir de gas de síntesis, CO y H₂).

- **Petróleo sintético:** Mediante el proceso de licuefacción directa, el carbón puede ser transformado en un crudo similar al petróleo.

2.3. HIPÓTESIS.

2.3.1. Hipótesis general:

La aplicación de la geomecánica en los frentes de avance de carbón influye significativamente en la prevención de accidentes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina.

2.3.2. Hipótesis específica:

- a) La aplicación de la geomecánica en los frentes de avance de carbón influye significativamente en prevenir accidentes leves por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina.
- b) La aplicación de la geomecánica en los frentes de avance de carbón influye significativamente en prevenir accidentes incapacitantes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina.
- c) La aplicación de la geomecánica en los frentes de avance de carbón influye significativamente en prevenir accidentes fatales por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina.

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

- **Accidente:** Acto por el cual una persona sufre algún tipo de lesión corporal, que inclusive puede causar la muerte.
- **Accidente de Trabajo:** Incidente o suceso repentino que sobreviene por causa o con ocasión del trabajo, aún fuera del lugar y horas en que aquél se realiza, bajo órdenes del empleador, y que produzca en el trabajador un daño, una lesión, una perturbación funcional, una invalidez o la muerte.
- **Accidente Leve:** Suceso resultante en lesión que, luego de la evaluación médica correspondiente, puede generar en el accidentado un descanso breve con retorno máximo al día siguiente a sus labores habituales.
- **Accidente Incapacitante:** Suceso resultante en lesión que, luego de la evaluación médica correspondiente, da lugar a descanso médico y tratamiento, a partir del día siguiente de sucedido el accidente. El día de la ocurrencia de la lesión no se tomará en cuenta para fines de información estadística.
- **Accidente Mortal:** Suceso resultante en lesión que produce la muerte del trabajador, al margen del tiempo transcurrido entre la fecha del accidente y la de la muerte. Para efecto de la estadística se debe considerar la fecha del deceso.
- **Ambiente de Trabajo:** Es el lugar donde los trabajadores desempeñan las labores encomendadas o asignadas.
- **Análisis de Trabajo Seguro (ATS):** Es una herramienta de gestión de seguridad y salud ocupacional que 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.
- **Alteración:** Proceso de modificación de los minerales y rocas por acción de los agentes de erosión: agua, viento, hielo, sol, etc. sinónimo: intemperismo, meteorización.
- **Carbón Antracita:** Variante del carbón mineral, es usado como combustible en las más diversas industrias: generación de energía eléctrica, fundiciones, cementera, e incluso para uso doméstico.

- **Cizallamiento:** Es el proceso de fracturamiento de las rocas debido a los esfuerzos tectónicos.
- **Conglomerado:** Roca sedimentaria compuesta de cantos rodados cementados en una matriz fina.
- **Compactación:** disminución del espesor o potencia de la secuencia estratigráfica por el peso y la presión de las rocas suprayacentes.
- **Detrítico:** roca formada por fragmentos o detritus provenientes de la erosión de rocas pre-existentes.
- **Control del terreno:** Información Geomecánica, procedimientos de control, sostenimiento y relleno.
- **Deformación:** Modificación que sufre una roca o material por acción de una o más esfuerzos.
- **Deformación elástica:** Cuando una roca se deforma por acción de un esfuerzo, y al cesar dicho esfuerzo la roca o material deformado recupera su forma original.
- **Deformación plástica:** cuando una roca o material se deforma por acción de un esfuerzo y al cesar dicho esfuerzo la roca o material alterado conserva su deformación.
- **Discontinuidad:** cualquier plano de origen mecánico o sedimentario en un macizo rocoso, con una resistencia a la tracción nula o muy baja. (Genera comportamiento no continuo de la matriz rocosa, y normalmente anisótropo).
- **Estrato:** Es la roca formada por la sedimentación de fragmentos o partículas provenientes de la desintegración de las rocas pre-existentes.
- **Evaluación de riesgos:** evalúa el riesgo relacionado con el peligro mediante la identificación, análisis, y evaluación de los riesgos de lesión, enfermedad y daños.
- **Gestión de riesgos:** Significa la identificación, análisis y evaluación de los riesgos de lesión, enfermedad y daños presente en el lugar de trabajo así como el control los riesgos de lesión, enfermedad y daños a la propiedad.

- **Identificación de peligros:** El proceso de reconocer que un peligro existe y definir sus características.
- **Incidente:** Un incidente es un evento no planeado que puede resultar en daño (Accidente) o no causar daño (Casi accidente). Se considera que el proceso no es intencional e involucra personas, propiedad, proceso y/o medio ambiente.
 - Causas de los Incidentes: Es uno o varios eventos relacionados que concurren para generar un accidente.
Se dividen en:
Falta de control: Fallas, ausencias o debilidades en el sistema de gestión de la seguridad y la salud ocupacional.
 - Causas Básicas: Referidas a factores personales y factores de trabajo:
 - a) Factores Personales.- Son los relacionados con la falta de habilidades, conocimientos, actitud, condición físico - mental y psicológica de la persona.
 - b) Factores del Trabajo.- Referidos a las condiciones y medio ambiente de trabajo: liderazgo, planeamiento, ingeniería, organización, métodos, ritmos, turnos de trabajo, maquinaria, equipos, materiales, logística, dispositivos de seguridad, sistema de mantenimiento, ambiente, estándares, procedimientos, comunicación y supervisión.
 - Causas inmediatas: Debidas a los actos y/o condiciones subestándares:
 - a) Actos Subestándares: Es toda acción o práctica que no se realiza con el Procedimiento Escrito de Trabajo Seguro (PETS) o estándar establecido que causa o contribuye a la ocurrencia de un incidente.
 - b) Condiciones Subestándares: Toda condición existente en el entorno del trabajo y que se encuentre fuera del estándar y que puede causar un incidente.

- **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.

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

- **Índice de frecuencia (IF):** Número de accidentes fatales e incapacitantes por cada millón de horas hombres trabajadas. Se calcula de la forma siguiente:

$$IF = \frac{N^{\circ} \text{ Accidentes} \times 1\,000\,000}{\text{Horas Hombre Trabajadas}} \quad (N^{\circ} \text{ Accidentes} = \text{Incapacitante} + \text{Fatal})$$

- **Índice de Severidad (IS):** Número de días perdidos o cargados por cada millón de horas hombres trabajados. Se calcula de la forma siguiente.

$$IS = \frac{N^{\circ} \text{ Días perdidos} \times 1\,000\,000}{\text{Horas Hombre Trabajadas}}$$

- **Implementación:** Acción y efecto de implementar. Poner en funcionamiento, aplicar métodos, medidas, acciones, etc., para llevar a cabo algo.
- **Matriz rocosa = Roca matriz = Roca intacta:** material rocoso sin discontinuidades, o bloques de roca entre discontinuidades. (Se caracteriza por su densidad, deformabilidad y resistencia; por su localización geográfica; y por su litología, ya sea ésta única o variada).
- **Macizo:** Término usado en geotecnia para referirse a áreas rocosas donde cuyo núcleo está constituido de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.
- **Macizo rocoso:** conjunto de matriz rocosa y discontinuidades.
Presenta carácter heterogéneo, comportamiento discontinuo y normalmente anisótropo, consecuencia de la naturaleza, frecuencia y orientación de los planos de discontinuidad, que condicionan su comportamiento geomecánico e hidráulico.

- **Mina:** Yacimiento de donde se extrae el mineral rentable mediante un sistema productivo, la extracción de efectúa por etapas; primero se realiza la exploración, luego la perforación diamantina etc.
- **Minería no metálica:** La minería no metálica comprende las actividades de extracción de recursos minerales que, luego de un adecuado tratamiento, se transforman en productos aplicables en diversos usos industriales y agrícolas, gracias a sus propiedades físicas y/o químicas. Esta actividad se considera como una oportunidad para la mediana y pequeña minería.
- **Muestra:** Pedazo de roca o mineral, de un tamaño y peso adecuado que pueda servir de elemento del cual se pueda obtener toda la información necesaria para realizar un estudio propuesto.
- **Peligro:** Todo aquello que tiene potencial de causar daño a las personas, equipo y medio ambiente.
- **Perdida:** La pérdida es la carencia o privación de lo que se poseía.
- **PETS:** Son procedimientos específicos para desarrollar una actividad o un trabajo correctamente la cual se denomina Procedimiento Escrito de Trabajo seguro.
- **Porosidad:** Es la relación existente entre el volumen de los intersticios porosos y el volumen total de la roca o suelo. La porosidad se expresa siempre en porcentaje.
- **Plasticidad:** Propiedad de las rocas de deformarse al recibir un esfuerzo conservando la deformación al cesar el esfuerzo.
- **Programa Anual de Gestión de Seguridad y Salud Ocupacional:** Documento que define la organización, recursos, presupuesto y actividades específicas relacionadas a Seguridad y Salud Ocupacional con la finalidad de alcanzar los objetivos de Seguridad y Salud Ocupacional.
- **Riesgo:** Es la posibilidad y/o probabilidad de (perdida) peligro que resulte en lesión, enfermedad o daño a la propiedad junto con la gravedad de la lesión.
- **Roca:** agregado natural de partículas de uno o más minerales, con fuerte unión cohesiva permanente, que constituyen masas geológicamente independientes.

- **Rumbo:** Dirección que sigue la línea de intersección formada entre el plano horizontal y el plano del estrato o estructura geológica, con respecto al norte o al sur.
- **Salud:** En relación con el trabajo, abarca la ausencia de afecciones o enfermedades, incluyendo los elementos físicos y/o mentales; directamente relacionados con el desempeño competitivo del trabajador.
- **Seguridad:** Conjunto de condiciones de orden técnico, legal, humano, económico, etc. que tiene por objeto prevenir y/o controlar las lesiones, enfermedades ocupacionales, incendios, daños a la propiedad, a los procesos productivos, al medio ambiente, en relación con el centro de trabajo.
- **Seguridad y Salud Ocupacional:** Condiciones o factores que afectan o podrían afectar la seguridad o salud de empleados, trabajadores temporales, contratistas, visitas o cualquier otra persona y causar o que podrían causar daños a la propiedad y pérdidas al proceso en el lugar del trabajo.
- **Yacimiento:** Depósito natural de rocas o mineral metálico o no metálico rentable, donde generalmente se abre una mina.

2.5. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE VARIABLES.

2.5.1. Variables Independientes:

X_1 : Aplicación de la Geomecánica.

2.5.2. Variables dependientes:

Y_1 : Prevención de accidentes.

2.6. DEFINICIÓN OPERATIVA DE VARIABLES E INDICADORES.

TIPOS DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente	Aplicación técnica de la mecánica de rocas en frentes de avance del nivel 0.00.	Identificar el problema	Identificar el problema detalladamente.
		Definir y presentar el problema	Comprende el problema o situación problemática.
			Recolecta y organiza los datos del problema.
		Explorar las estrategias viables	Comprende conceptos diversos sobre el tema.
			Relaciona la situación problemáticas nuevas con situaciones similares y anteriores.
		Avanzar con las estrategias	Plantea y ejecuta el procedimiento más óptimo para solucionar un problema específico.
			Trabaja de manera coordinada con los maestros y ayudantes perforistas usando medios y materiales de ingeniería.
		Lograr la solución y volver para evaluar los efectos de las operaciones unitarias mineras.	Verifica los resultados obtenidos de perforación, voladura y sostenimiento de rocas.
			Interpreta y analiza los resultados obtenidos.
			Aplica los conceptos teóricos, procedimientos y estrategias a situaciones nuevas.
			Comunica sus resultados de manera adecuada y oportuna.
Variable dependiente	Prevención de accidentes por desprendimientos de rocas.	Comparación estadístico.	Eficiencia de la geomecánica.
			Comparación de cuadro estadístico de accidentes anteriores con la actual.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ÁMBITO DE ESTUDIO.

- Distrito : Santa Rosa.
- Provincia : Pallasca.
- Región : Ancash.

Sus coordenadas se ubican en la zona 17 Sur dado en UTM. WGS 84
N 9059800.000 E 815500.000

3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Según Oseda, Dulio (2008:117), “El tipo de estudio de la presente investigación es aplicada porque, persigue fines de aplicación directos e inmediatos. Busca la aplicación sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de teorías. Esta investigación busca conocer para hacer y para actuar”.

3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.

El nivel de investigación es el explicativo. Según Restituto, S. (2002) “las investigaciones explicativas buscan especificar las propiedades importantes de los hechos y fenómenos que son sometidos a una experimentación de laboratorio o de campo”.

3.4 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.

3.4.1. Método General.

En la presente investigación; Se utilizará el Método Científico como método general. En la actualidad según Cataldo, (1992:26): “El estudio del **método científico** es objeto de estudio de la epistemología. Asimismo, el significado de la palabra “método” ha variado. Ahora se le conoce como el conjunto de

técnicas y procedimientos que le permiten al investigador realizar sus objetivos”.

A decir de Kerlinger, F., y otros (2002:124) “el **método científico** comprende un conjunto de normas que regulan el proceso de cualquier investigación que merezca ser calificada como científica”.

Además el mismo Kerlinger enfatiza “La aplicación del método científico al estudio de problemas pedagógicos da como resultado a la investigación científica”.

3.4.2. Método Específico:

Pre - Experimental

3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

3.5.1. Diseño General:

Pre - Experimental.

1.5.2. Diseño Específico:

El diseño general viene a ser Pre Experimental. Esta estrategia tiene como bibliografía especializada la graficación que explicamos a continuación: Hernández (2006). Su esquema es el siguiente.

GE: O_1 X O_2

Dónde:

G.E. Grupo Experimental.

O_1 : Pre test.

O_2 : Post test.

X: Manipulación o desarrollo de la variable independiente.

3.6. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO.

A. La Población: Según Oseda, Dulio (2008:120) “La población es el conjunto de individuos que comparten por lo menos una característica, sea una ciudadanía

común, la calidad de ser miembros de una asociación voluntaria o de una raza, la matrícula en una misma universidad, o similares”.

En el caso de nuestra investigación, la población estará conformada por el Nv. 0.00 donde la Empresa tiene 30 personas, realizando actividades mineras.

- B. Muestra:** El mismo Oseda, Dulio (2008:122) menciona que “la muestra es una parte pequeña de la población o un subconjunto de esta”, que sin embargo posee las principales características de aquella. Esta es la principal propiedad de la muestra (poseer las principales características de la población) la que hace posible que el investigador, que trabaja con la muestra, generalice sus resultados a la población”.

Por lo tanto la muestra estará conformada desde la progresiva 300 hasta la progresiva 800 del Nivel principal de la CIA. Minera Reyna Cristina.

3.7. Técnicas e instrumento de recolección de datos

3.7.1. Técnicas:

Las técnicas usadas en la investigación se basaran en los informes geomecánicos de la mina, mapeos de labores, observación y medición por parte de geología de la empresa como de la contrata, así como también la recopilación de los datos estadísticos, análisis documental y capacitaciones emitidos por la empresa CORMHEC SAC.

Según **Oseda, Dulio (2008:127)** la encuesta “es una técnica destinada a obtener datos de varias personas cuyas opiniones impersonales interesan al investigador”.

El mismo **Oseda, Dulio (2008:128)** sostiene que el fichaje “consiste en registrar los datos que se van obteniendo en los instrumentos llamados fichas, las cuales debidamente elaboradas y ordenadas contienen la mayor parte de la información que se recopila en una investigación”.

3.7.2. Instrumentos:

Los instrumentos usados en la presente investigación serán la encuestas, el cuestionario de encuesta; del fichaje las fichas de resumen, bibliográficas y de resumen; de la observación se tiene a las fichas de observación.

Según **Sierra, Restituto (1995:305)** el cuestionario de encuesta es “un conjunto de preguntas, preparados cuidadosamente sobre los hechos y aspectos que interesan en una investigación sociológica para su contestación por la población o su muestra a que se extiende el estudio emprendido”.

Así mismo la aplicación de software Dips, Unwedge y las tablas de las clasificaciones geomecánicas, utilizando las técnicas de procesamiento y análisis de datos.

3.8. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Los procedimientos de recolección de datos serán mediante la observación directa y su reporte diario del control de accidente e incidentes.

3.9. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.

Se utilizará el programa SPSS v.17 para calcular los siguientes estadígrafos:

- ❖ Las Medidas de Tendencia Central (la media aritmética, la mediana y la moda), de Dispersión (La varianza y la desviación estándar y el coeficiente de variabilidad). Las de forma: la Kurtosis.
- ❖ Los estadígrafos de la Estadística Inferencial como la Prueba “t” de Student, la “r” de Pearson y el análisis de DESVIACION ESTANDAR para contrastar la hipótesis de investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PRESENTACION DE RESULTADOS.

4.1.1. Presentación de resultados del planeamiento estratégico.

La CIA. Minera Reyna Cristina se encuentra ubicada en el Distrito de Santa Rosa, anteriormente la mina se llamaba “Mina Centenario” y que actualmente se tiene 4 niveles Nv. 00, Nv. 1, Nv. 2 y Nv. 3. siendo reconocidos los siguientes mantos de carbón, en posición de Este a Oeste.

Cuadro N°16: Ubicación de las potencias de los mantos.

NOMBRE DEL MANTO	POTENCIA (m)
Carito 2	0.8
Carito 1	1.8
Carito 0	0.6
Luz Angélica	0.8
El Toro	1.4 - 3.00

Fuente: Cía. Minera Reyna Cristina.

Para complementar los trabajos preliminares a realizarse en superficie, necesariamente se requiere de la ejecución de una serie de trabajos preliminares al interior de la mina del Nv. 0.00 denominados realce, rehabilitación y recuperación de labores mineras previas al inicio de los trabajos de planeamiento de mina.

4.1.2. Rehabilitación de la galería principal del Nv. 0.00 (Manto Carito 2).

Este es la galería más importante que tiene la mina que servirá para el ingreso del personal, suministro y extracción del carbón. En la actualidad tiene una longitud de 780m y consta de 10 estocadas (ventanas) al lado

derecho separadas uno de las otras a diferentes distancias y 01 estocada al lado izquierdo, en la progresiva 810, donde corta el manto Carito 2 después de haber realizado el By Pass, en la progresiva 700.

Cuadro N°17: Ubicación de trabajos a realizar en el Manto Carito 2.

LABOR	PROGRESIVA	TRABAJOS	OBSERVACIÓN
Nv. 0.00	0.00 - 166	Realce del techo y desquinche	-----
Estocada	165	Recuperación de labor, enmaderado y limpieza.	Corto Manto Carito 2
Estocada	274	Recuperación de labor, enmaderado, instalación de rieles y limpieza.	Corto Manto Luz Angélica y el Toro
Estocada	312	Recuperación de labor	Corto Manto Carito 1
Estocada	430	Construcción del polvorín auxiliar	Polvorín
Estocada	530	Instalación de rieles, limpieza etc.	Corto Manto Carito 1
Estocada	635	Instalación de rieles, limpieza etc.	Corto Manto Carito 1
Estocada	750	Instalación de rieles, limpieza etc.	Corto Manto Carito 1
By Pass	770	Instalación de rieles, limpieza etc.	Corto Manto Carito 1

Fuente Propia.

El nivel de la bocamina coincide con la parte superior de las tolvas de almacenaje del carbón, de tal manera que los convoyes de carros mineros pueden descargar directamente en ellas. Los carros mineros son los denominados U35 con descarga lateral por volteo para evitar derrame de carbón. La galería tiene que ser rehabilitada a partir de la progresiva 180 donde se ubica el manto Carito 2 en una primera etapa, hasta una longitud de 400m., de acuerdo a las necesidades prioritarias que requiere la mencionada labor, los tramos donde se realiza la rehabilitación, principalmente se cambiara los cuadros de madera deteriorados más por la presión de la roca que han tenido que soportar y algunos de ellos que han sufrido roturas. Para la instalación de los cuadros de madera se tendrá en cuenta el tipo de sostenimiento para minas de carbón y las secciones y los alineamientos serán de medidas estándares de acuerdo al tipo de roca.

4.1.3. Rehabilitación de la Galería manto Carito 1.

Este manto fue cortado con la estocada que se inicia en la progresiva 312 en una longitud aproximada de 20m, se encuentra colapsada la cual tiene que ser recuperada hasta llegar a la galería de Carito 1.

No se tiene referencia alguna de esta labor hasta una dirección de la progresiva 520 (zona sur) del manto Carito 2, lugar donde existe otro derrumbe con el cual se impide ingresar hacia el norte de la galería Carito 1, a lo largo de esta galería hacia el sur se tiene 3 estocadas según el cuadro siguiente.

Cuadro N°18: Ubicación de los trabajos a realizar en el Manto Carito 1.

LABOR	PROGRESIVA	TRABAJOS	OBSERVACIÓN
Galería, Carito 1	312 - 512	Posible tramo de recuperación de labor	No hay ingreso.
Estocada	560	Recuperación de labor, enmaderado y lpza.	Corto M. Carito.
Estocada	800	Recuperación de labor, enmaderado instalación de rieles y lpza.	Corto M. Carito 1.
Estocada	810	Recuperación de labor.	Corto M. Carito 2.

Fuente. Propia.

Esta galería en toda su longitud de 520m requiere de todo los trabajos necesarios para su recuperación, teniendo en cuenta que en su último tramo 50m de longitud requiere instalar cuadros a una altura mínima de 2.30m., para lo cual se tiene trabajos especiales de enmaderado y marchavantes.

4.1.3. Rehabilitación y recuperación del manto Toro y Luz Angélica.

Desde la progresiva 274 del Nv. 0.00 se realizó una estocada hacia la derecha con fines exploratorios encontrándose en el trayecto al manto Luz Angélica, en la progresiva 66, de esta estocada a la progresiva 75, se corta con el manto el Toro Cuyo tope (aproximadamente en la progresiva 85) se encuentra colapsada.

El manto Luz Angélica tiene una galería de aproximadamente de 35m de avance y el manto Toro un avance de 10m hasta la zona del derrumbe.

Se sugiere realizar trabajos de rehabilitación en ambos mantos para su posterior preparación y explotación correspondiente.

Los trabajos de rehabilitación implica a toda la longitud de la estocada y las 2 galerías cuyas actividades son:

El sostenimiento total de las mencionadas labores, recuperación y sostenimiento del manto Toro y la limpieza general.

4.2. DISCUSIÓN DE LOS TRABAJOS PRELIMINARES DE SOSTENIMIENTO.

4.2.1. Discusión preliminar sobre el sostenimiento en la CIA. Minera Reyna Cristina.

En la galería de explotación y refugios el sostenimiento se realizara con cuadros de madera de forma trapezoidal, con sombrero de 2m. y postes de 2.2m. debidamente enrejados y topeados para mayor seguridad.

Cuadro N° 19: Sección y parámetros de sostenimiento.

SECCIÓN Y PARÁMETROS DE SOSTENIMIENTO									
SOSTENIMIENTO	SECCIÓN (m2)			PARÁMETROS					
Puntal de madera	FORMA	NETA	EXCAVACIÓN	ANCHO SUPERIOR	PIERNA	HOYO DE PUNTAL	ALTURA	ANCHO INFERIOR	DISTANCIA ENTRE CUADROS.
	Trapezoidal	5.06	5.5	2	2.5	0.2	2.2	2.6	Según tabla geomecánica

Fuente. Propia.

El sostenimiento de echaderos para el transporte de carbón, paso de personal y ventilación en los frentes de explotación se realizara dejando un puente de 5m (capa carbonífera de seguridad) y uno inferior de 8m por seguridad. Se emplearan cuadros de forma trapezoidal con viga de 1.4m y pierna de 2.5m entre cuadros se fijaran según tabla geomecánica.

Cuadro N° 20: Sección y parámetros de sostenimiento.

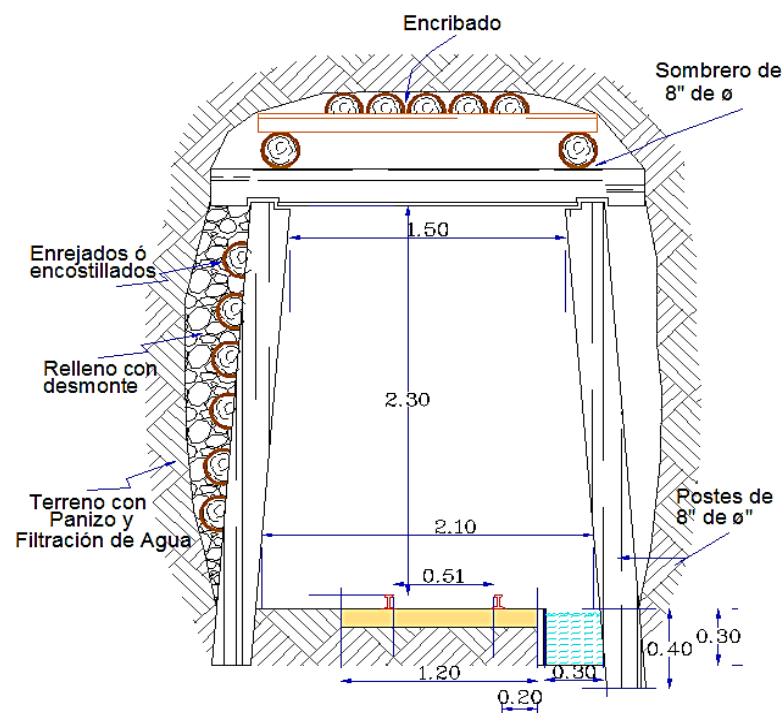
SECCIÓN Y PARÁMETROS DE SOSTENIMIENTO									
SOSTENIMIENTO	SECCIÓN (m2)			PARÁMETROS					
Puntal de madera	FORMA	NETA	EXCAVACIÓN	ANCHO SUPERIOR	PIERNA	HOYO DE PUNTAL	ALTURA	ANCHO INFERIOR	DISTANCIA ENTRE CUADROS.
	Trapezoidal	2.835	3.255	1.2	2.5	0.3	2.30	1.5	Según tabla geomecánica

Fuente. Propia.

En los extremos de los cuadros se bloqueara con trozos de madera para mayor estabilidad de los uno de los cuadros.

- Sección de labor. 8" x 8".
- Enmaderado estándar, los tres lados encribado y alineado horizontal y verticalmente.
- Patilla en carbón. 20cm.
- Topografía cada disparo.
- Replanteo de la rampa semanal.
- Ubicación de cancha de carbón y cancha de estéril.
- Patilla en roca: 10cm.
- Refugios de roca de 2 x 3m.
- Riele de 30 lbs/ydas.

Figura N° 24: Cuadro completo de madera con dimensiones para el sostenimiento.



Los resultados de la aplicación de la geomecánica en los frentes de avance de carbón influye significativamente en la prevención de accidentes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina, por lo que es necesario para el desarrollo en diferentes frentes de trabajo aspectos de, determinación del tipo de roca para el sostenimiento y el control de seguridad en la vida humana.

Para complementar los trabajos preliminares a realizarse en superficie, necesariamente se requiere de la ejecución de una serie de trabajos preliminares al interior de la mina del Nv. 0.00 previo al inicio de los trabajos del planeamiento de minas, con este objetivo las principales actividades a ejecutarse serán las siguientes:

- Determinación de la calidad de roca.
- Resistencia.
- Cantidad de estructuras.
- Condiciones de estructuras.
- Alteración.
- Niveles de agua.
- Esfuerzos.

Cuadro N° 21: Resultado de los análisis de muestra de carbón.

SIGNIFICADO DEL TIPO DE ROCA					
ÍNDICE	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0
DESCRIPCIÓN	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	MALA	MUY MALA
TIPO	I	II	III	IV	V
TIPO APROXIMADO DE AUTOSOPORTE	LUZ = 5m. 10 años	LUZ = 4m. 10 meses	LUZ = 3m. 10 semana	LUZ = 1.5m. 10 horas	LUZ = 0.5m. 10 minutos
COHESIÓN DE LA MASA ROCOSA	300 Kpa.	200-300 Kpa.	150-200 Kpa.	200-150 Kpa.	100 Kpa.
ÁNGULO DE FRICCIÓN DE LA MASA ROCOSA	45°	40°-45°	35°- 40°	30°- 35°	30°

Fuente: Engineering Rock Mass Classifications, Bieniawski, Z.T. (1989)

4.2.2. Aplicación de instrumentos.

Condiciones. Resistencia a golpes de picota.

Por las condiciones de resistencia, al romperse o endentarse con la picota se clasifican en:

Buena (Muy resistente o fresca) se rompe con varios golpes de picota (más de tres golpes).

Regular (Resistente, levemente alterado) se rompe con golpes de picota.

Pobre (Moderadamente resistente, moderadamente alterada) se indenta superficialmente (menos de 5mm.) con golpes de picota.

Muy pobre (Blanda, muy alterada) se indenta profundamente (más de 5mm.) con la punta de la picota.

Cuadro N° 21: Sistema de clasificación de rocas por el sistema RMR.

TIPO ROCA		RMR	DESCRIPCION	CARACTERISTICAS	RESIST. DE LA ROCA
I	I-B	81 – 90	MUY BUENA "B"	Roca dura con muy pocas fracturas, leve alteración, terreno seco	Solo se puede romper esquirlas de la muestra con el martillo de geólogo.
II	II-A	71 – 80	BUENA "A"	Roca dura con pocas fracturas, leve alteración, terreno seco con cierta humedad	Con varios golpes con el martillo de geólogo se puede romper pequeños fragmentos de la muestra
	II-B	61 – 70	BUENA "B"	Roca dura con regular cantidad de fracturas, leve alteración, húmedo en algunos casos.	Se requieren varios golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra.
III	III-A	51 -60	REGULAR "A"	Roca de regular dureza, con regular a mayor cantidad de fracturas, ligeramente a moderadamente alterada, pequeñas fallas con panizo, terreno con ligero	Se requiere tres golpes firmes con el martillo de geólogo para romper la muestra.
	III-B	41 – 50	REGULAR "B"	Roca poco blanda con regular a mayor cantidad de fracturas, ligeramente a moderadamente alterada, pequeñas fallas con panizo, terreno	Con dos golpes con el martillo de geólogo se puede producir fracturamiento.
IV	IV-A	31 -40	MALA "A"	Roca blanda que presenta muchas fracturas, roca alterada, fallas un poco significativas con panizo y goteo de agua.	No se puede rayar o desconchar con una navaja. La muestra se puede romper con dos golpes firmes del martillo.
	IV-B	21 – 30	MALA "B"	Roca blanda que presenta muchas fracturas, roca muy alterada, fallas significativas con panizo,	Se puede rayar con dificultad con una navaja. La muestra se puede romper con un golpe firme del martillo de geólogo.
V	V-A	0 -20	MUY MALA "A"	Roca muy blanda, intensamente deleznable con muchas fracturas. Roca intensamente fracturada, fallas significativas con mucho panizo, flujo continuo de agua en las fracturas,	Puede desconcharse con dificultad con una navaja. Se puede hacer marcas poco profundas golpeando firmemente con el martillo de geólogo.

Fuente: Área de Geomecánica Reyna Cristina.

Cuadro N° 22: Resumen del formato de mapeo geomecánico Rango del Macizo Rocoso (RMR).

		VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R)						
		CLASIFICACION DE BIENIASWSKI (1989)						
PARAMETRO		RANGO DE VALORES (valores estimado)						VALORACION
COMPRES. UNIAXIAL (Mpa)		> 250 (15)	100 - 250 (12)	50 - 100 (7)	25 - 50 (4)	< 25 (2) < 5 (1) < 1 (0)	4	
RQD %		90 - 100 (20)	75 - 90 (17)	50 - 75 (13)	25 - 50 (8)	< 25 (3)	3	
ESPACIAMIENTO (m)		> 2 (20)	0,6 - 2 (15)	0.2 - 0.6 (10)	0.06 - 0.2 (8)	< 0.06 (5)	5	
CONDICION DE JUNTAS	PERCISTENCIA	< 1m Long. (6)	1-3m Long. (4)	3 - 10m (2)	10 - 20m (1)	> 20m (0)	1	
	APERTURA	Cerrada (6)	< 0.1mm apert. (5)	0.1 - 1mm (4)	1 - 5 mm (1)	> 5 mm (0)	5	
	RUGOSIDAD	Muy rugosa (6)	rugosa (5)	Lig. Rugosa (3)	Lisa (1)	Espejo de falla (0)	3	
	RELLENO	Limpia	Duro < 5mm (4)	Duro > 5mm (4)	Suave < 5mm (1)	Suave > 5mm (0)	1	
	INTEMPERIZA		Lig. Intempe (5)	Mod. Intempe (3)	Muy intermpe. (2)	Descompuesta (0)	2	
AGUA SUBTERRANEA		Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Flujo (0)	4	
AJUSTE POR ORIENTACION		Muy favorb. (0)	Favorable (-2)	Regular (-5)	Desfavorable (-10)	Muy desfav. (-12)	0	
VALOR TOTAL (Suma de valoración) = 28								
CLASE DE MACIZO ROCOSO								
RM	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	20 - 0	IV		
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA			

Fuente: Área de geomecánica.

En el cuadro N° 22. Indica cómo se realiza un mapeo geomecánico en 1metro lineal en un frente de trabajo de la galería principal en el Nv. 0.00 del Manto Toro en la CIA. Minera Reyna Cristina dando como resultado del RMR, roca mala de tipo IV, entonces se toma la decisión de colocar cuadro completo de madera con todos sus elementos de seguridad (topes, tirantes, enrejado, cribing) a espaciamiento de 1m. usando guardacabeza.

Se puede observar en el siguiente gráfico como se procesa los datos de la tabla de clasificación del macizo rocoso (RMR) según Bieniawski (1989).

Figura N° 25: Clasificación geomecánica RMR.

Copia de rmr - Microsoft Excel (Error de activación de productos)

Archivo Inicio Insertar Diseño de página Fórmulas Datos Referir Vista

R3 fx

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA RMR (Bieniawski)

Obra: CIA. MINERA REYNA CRISTINA Localidad: PALLASCA Cliente:

Estación Geomecánica: X: 819500 Y: 805800 Z: 3445 Observaciones:

Coordenadas (X,Y,Z):

Parámetros de clasificación		Clasificación	Puntuación
Resistencia de la matriz rocosa (R_{ma})			
Escapo de carga puntual	Resaca		8
Compresión simple	SI		2
Índice RQD de la roca			
RQD (%)	15		3
Separación entre diaclasas			
Separación entre diaclasas (m)	0.00		5
Estado de las discontinuidades			
Longitud de la discontinuidad (m)	0.0		1
Abertura (mm)	0.5		5
rugosidad	Esmerado-regular		3
Rebello	Redondeado-Liso		2
Ateraciones	Reparado		1
Agua freática			
Caudal por 10 m de túnel	Resaca		0
Presión agua/ tensión principal mayor	Resaca		0
Estado general	Estable		1
Corrección por discontinuidades		Clasificación	Puntuación
Túneles	Resaca		0
Cimentaciones	Resaca		0
Taludes	Resaca		0
		Puntuación	26

CLASIFICACIÓN RMR				
Calidad	Clase	Tiempo/Longitud de sostenimiento	Cohesión [Kg/cm ²]	Ángulo de rozamiento [°]
Mala	IV	10 horas con 2.5 m de	1-2	15-25

Foto o croquis de la estación geomecánica

Utilización de las discontinuidades en el túnel

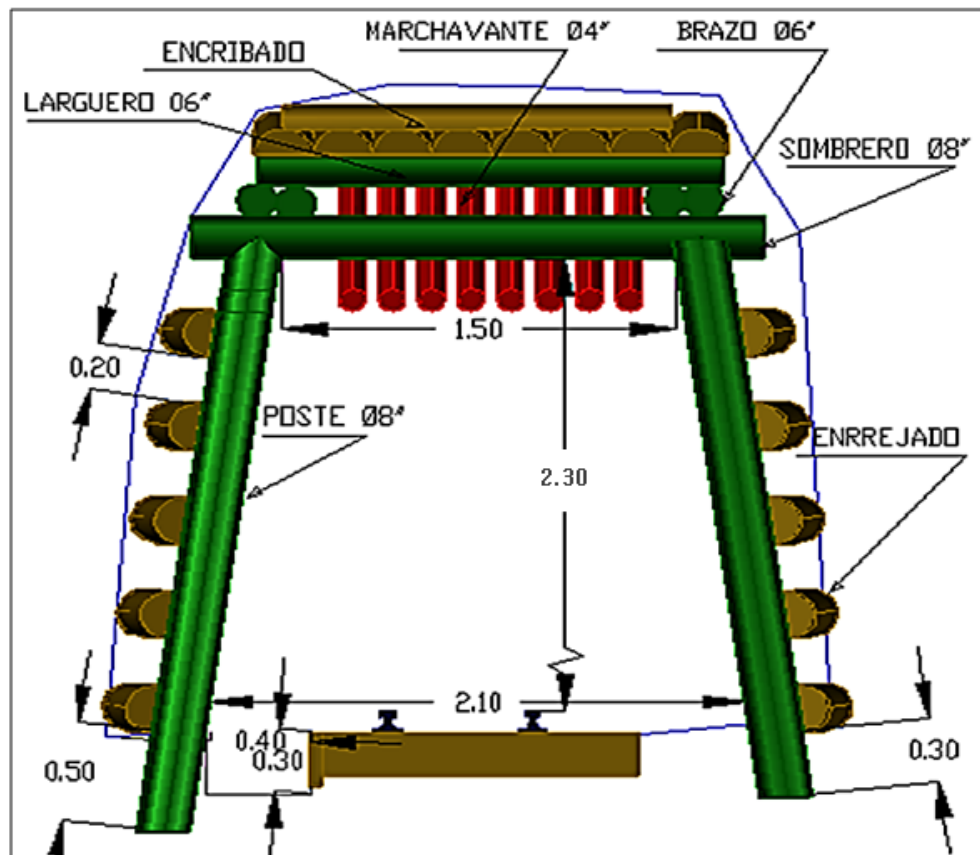
Discontinuidad perpendicular al eje del túnel		Discontinuidad paralela al eje del túnel		Discontinuidad oblicua al eje del túnel	
Esquema de la roca	Esquema de la roca	Esquema de la roca	Esquema de la roca	Esquema de la roca	Esquema de la roca
Resaca	Resaca	Resaca	Resaca	Resaca	Resaca
Resaca	Resaca	Resaca	Resaca	Resaca	Resaca
Resaca	Resaca	Resaca	Resaca	Resaca	Resaca
Resaca	Resaca	Resaca	Resaca	Resaca	Resaca

RMR Hotel

Túnel Página: 1 de 1

ES 19:37 a.m. 18/07/2016

Figura N° 26. Determinación del tipo de sostenimiento para el armado de cuadro de tres piezas con marchavantes.



Fuente: Elaboración propia.

En el eje vertical se considera el cociente Luz/ESR, el valor del ESR. Se determina según el tipo de labor en una constante.

Luz es la longitud de exposición de la roca.

En el eje horizontal se ubica la clasificación geomecánica en el sistema GSI, RMR.

4.2.3. Tabla del GSI. Según Hoek y Marinos (2000).

Es un sistema de clasificación geomecánica práctico para su uso en minería, usa dos parámetros principales que son, el fracturamiento (Fractura por metro lineal) y la condición de las condiciones de las discontinuidades así

como una estimación numérica del Índice Geológico de Resistencia (GSI) en base de la descripción proporcionada por la tabla anterior.

La terminología empleada para definir la estructura del macizo rocoso es la siguiente.

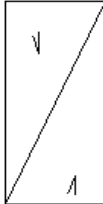
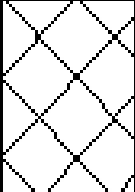
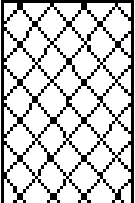
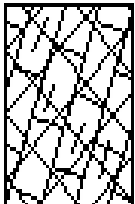
- Masiva (M) – Menos de 2 fracturas/mt. RQD (90 – 100).
- Levemente fracturada (LF) de 2 a 6 fracturas/mt. RQD (70 – 90).
- Moderadamente fracturada (F) 6 a 12 fracturas/mt. RQD (50 – 70).
- Muy fracturada (MF) de 12 a 20 fracturas/mt. RQD (25 – 50).
- Los datos que se deben determinar en el terreno son los siguientes.
- Condiciones de estructura por metro lineal.
- Resistencia de la roca.
- Evaluación del GSI.
- Tipo de sostenimiento.

4.2.4. Discusión sobre la tabla de mapeo geológico (GSI).

De acuerdo al resumen de mapeo geomecánico del índice de resistencia geológica (GSI) se realiza con los datos obtenidos del cuadro anterior N° 22 donde se ubica el RQD es igual a (< 25), así mismo se tiene 25 fracturas por metro lineal, correspondiendo en la tabla intensamente fracturada (plegamiento y fallamiento con muchas discontinuidades interceptadas formando bloques angulosos o irregulares (RQD 0 – 25) (más de 20 fracturas por metro lineal), dando una intersección como muy pobre (blanda, muy alterada) (superficie pulida y estriada, muy abierta con relleno de arcilla blandas ($RC > 25\text{Mpa.}$))(se disgrega o se indenta profundamente).

Intersectando en la tabla llega (IF /MP) y es de color rojo de tipo V tomando como sostenimiento con cuadro completo y el sostenimiento a llevarse a cabo de inmediato

Tabla N° 03: Resumen del formato de mapeo geomecánico de índice de resistencia geológica (GSI).

		CONDICIONES				
LABORES DE DESARROLLO (2.5 - 3.5 m)						
I S/N SOPORTE O PERNO OCASIONAL II PERNO 1.0 x 1.0 m Y CINTA OCASIONAL IIIa SPLIT SET SISTEMATICO A 1.2 X 1.2 m IIIb SPLIT SET SISTEMATICO A 1.0 X 1.0 m MAS MALLA ELECTROSOLDADA IV PRESOPORTE Y CUADRO DE MADERA V CUADRO DE MADERA		 SI LAS LABORES DE DESARROLLO ESTAN ENTRE 2.5 Y 3.5 m DE SECCION SE USARA LA CLASIFICACION GEOMECANICA QUE FIGURA EN ELLA Y SE TOMARA COMO SOPORTE EL COLOR DE LA PARTE SUPERIOR DEL RECUADRO, SI LA SECCION ESTA EN PRESENCIA DE AGUA SE TOMARA COMO SOPORTE EL COLOR DE LA PARTE INTERIOR DEL RECUADRO.				
ESTRUCTURA	 LEVENTE FRACTURADA. TRES A MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI. (RQD 75 - 90) (2 A 6 FRACT. POR METRO)	I	II	III	IV	V
	 FRACTURADA. MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES, (RQD 50 - 75) (6 A 12 FRACT. POR METRO)	II	III	IIIa	IIIb	IV
	 MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (RQD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO).	III	IIIa	IIIb	IV	V
	 INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO. CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES (RQD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)	IV	IV	V	V	V
		BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADAS, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER ABIERTA, (RC 100 A 250 Mpa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTAS) REGULAR (RESISTENTE Y LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS, (RC 50 A 100 Mpa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA) POBRE (MODERADAMENTE RESIST. MODERAD. ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRILIACIONES, MUY ALTER. RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (RC 25 A 50 Mpa) (SE IDENTA SUPERFICIALMENTE). MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS BLANDAS (RC < 25 Mpa) (SE DISGREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE).				

Fuente: CIA. Minera Reyna Cristina.

Tabla N° 04: Tabla de geomecánica GSI.

 CORPORACION MINERA HERRAJALCA EQUPOS Y CONSTRUCCION S.A.C. CORMHEC S.A.C.		TABLAS GEOMECANICAS DE SOSTENIMIENTO SEGÚN G.S.I. MODIFICADO PARA LABORES EN EXPLOTACION - TAJEOS								
ZONA MINERALIZADA		CONDICIONES								
ABERTURA MENORES A 3.0m		ABERTURA MAYORES A 3.0m		BUENA (MUY RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEV. ALTERADAS, MANCHAS DE OXIDACION, LIGER ABIERTA, (RC 100 A 250 Mpa)(SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTAS)	REGULAR (RESISTENTE Y LEVEMENTE ALTERADA) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS, (Rc 50 A 100 Mpa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)	POBRE (MODERADAMENTE RESIST. MODERAD. ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES, MUY ALTERD. RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA. (Rc 25 A 50 Mpa) (SE IDENTA SUPERFICIALMENTE).	MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, MUY ABIERTA CON RELLENO DE ARCILLAS O BANDAS (Rc < 25 Mpa) (SE DISGREGA O INDENTA PROFUNDAMENTE).			
II SIN SOPORTE	II SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL	IIa PERNO SISTEMATICO 15 X 15m								
IIIa GUARDA CABEZAS OCASIONALES	IIIa PERNO SISTEMATICOS 12 X 12m DE 6 O 8 PIES O PUNTALES DE SEGURIDAD	IIIb MALLA METALICA COLOCADA CON PERNOS 10 X 10m TAMBIEN SE PUEDE COLOCAR CON PUNTALES								
IIIb PERNOS 10 X 10m A MALLA METALICA, LOS PERNOS DEBEN SER DIRIGIDOS HACIA LAS CAJAS O CUADACABEZAS A 2.0m	IIIb MALLA METALICA COLOCADA CON PERNOS 12 X 12m TAMBIEN SE PUEDE COLOCAR CON PUNTALES	IV CUADRO DE MADERA								
IV GUARDA CABEZAS A 15m CON ENCRIBADO O CUADRO DE MADERA	IV GUARDA CABEZAS A 15m ENCRIBADO O CUADRO DE MADERA	V PRE - SOPORTE								
V PRE - SOPORTE	V PRE - SOPORTE									
ZONA DE CAJAS		TAJEOS EN PERFORACION VERTICAL								
II SIN SOPORTE O PUNTA OCASIONAL	II SIN SOPORTE O PERNO OCASIONAL O PUNTA OCASIONAL	IIa PERNOS SISTEMATICOS 15 X 15m DE 40 5 PIES O PUNTALES DE SEGURIDAD.	IIa PERNOS SISTEMATICOS 12 X 12m DE 6 O 8 PIES O PUNTALES DE SEGURIDAD							
IIIa MALLA METALICA COLOCADA CON PERNOS 12 X 12m TAMBIEN SE PUEDE COLOCAR CON PUNTALES	IIIa MALLA METALICA COLOCADA CON PERNOS 10 X 10m TAMBIEN SE PUEDE COLOCAR CON PUNTALES	IIIb CUADRO DE MADERA	IIIb CUADRO DE MADERA							
IIIb GUARDA CABEZAS A 15m CON ENCRIBADO O CUADRO DE MADERA	IIIb GUARDA CABEZAS A 15m ENCRIBADO O CUADRO DE MADERA	V PRE - SOPORTE	V PRE - SOPORTE							
V PRE - SOPORTE	V PRE - SOPORTE									
ESTRUCTURAS	 FRACTURADA. MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES, (RQD 50 - 75) (6 A 12 FRACT. POR METRO)	II F/B	II F/R	IIIa F/P	IIIb F/MF					
	 MUY FRACTURADA. MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (RQD 25 - 50) (12 A 20 FRACT. POR METRO).	II MF/B	IIIa MF/R	IIIb MF/P	IV MF/MF					
	 INTENSAMENTE FRACTURADA. PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO. CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES (RQD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACT. POR METRO)		IIIb IF/R	IV IF/P	IV IF/MF					

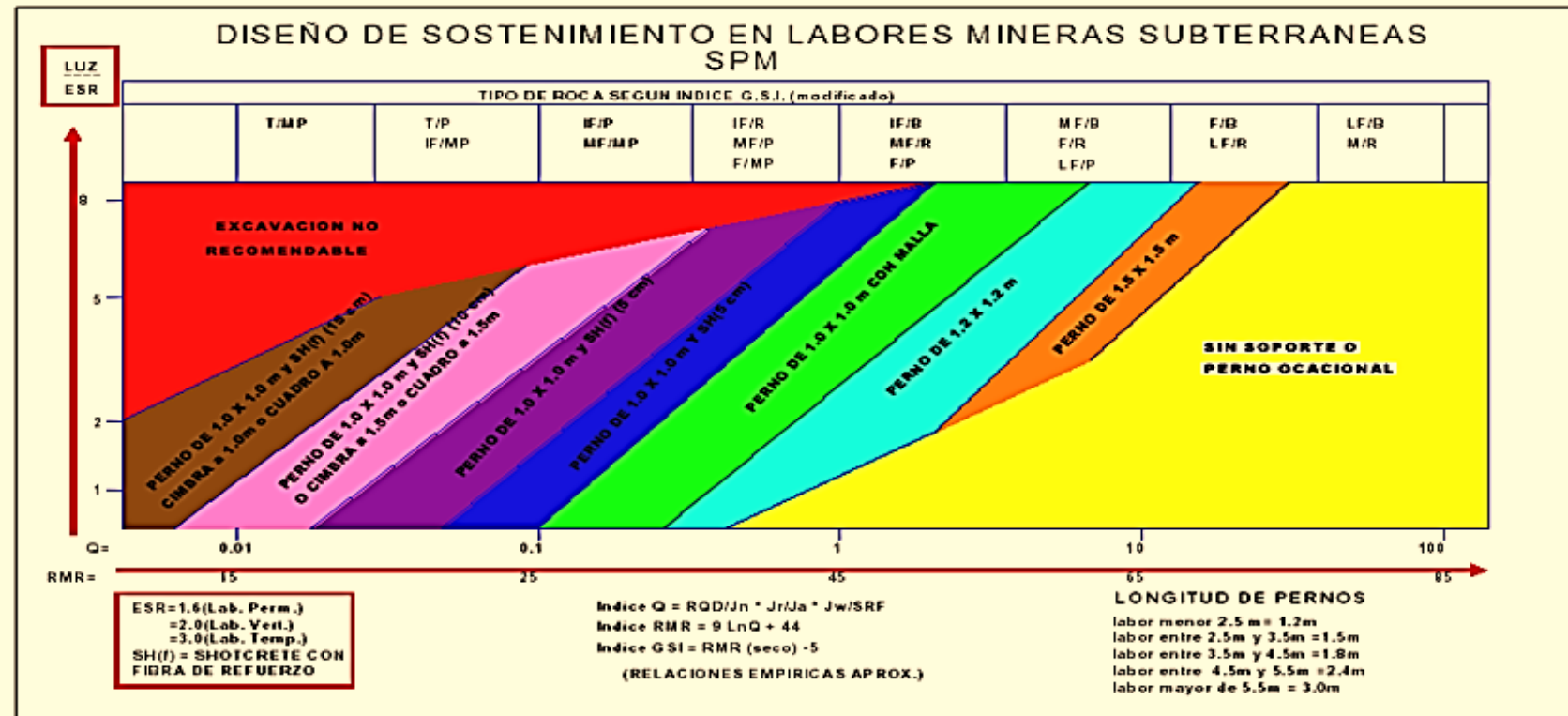
Fuente: CIA. Minera Reyna Cristina.

4.2.5. Discusión sobre la tabla de mapeo geológico (GSI).

En el cuadro N° 23 el Resumen del formato de mapeo geomecánico de Índice de Resistencia Geológica (GSI). Se realizó un mapeo geológico en 1 metro lineal en el frente de avance, se ubica con el RQD que es igual a (30Mpa), esto corresponde en la tabla 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 lineal). Se intersecta con MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) (superficie pulida y estriada, muy abierta con relleno de arcillas blandas (RC > 25 Mpa) (se disgrega o indenta profundamente).

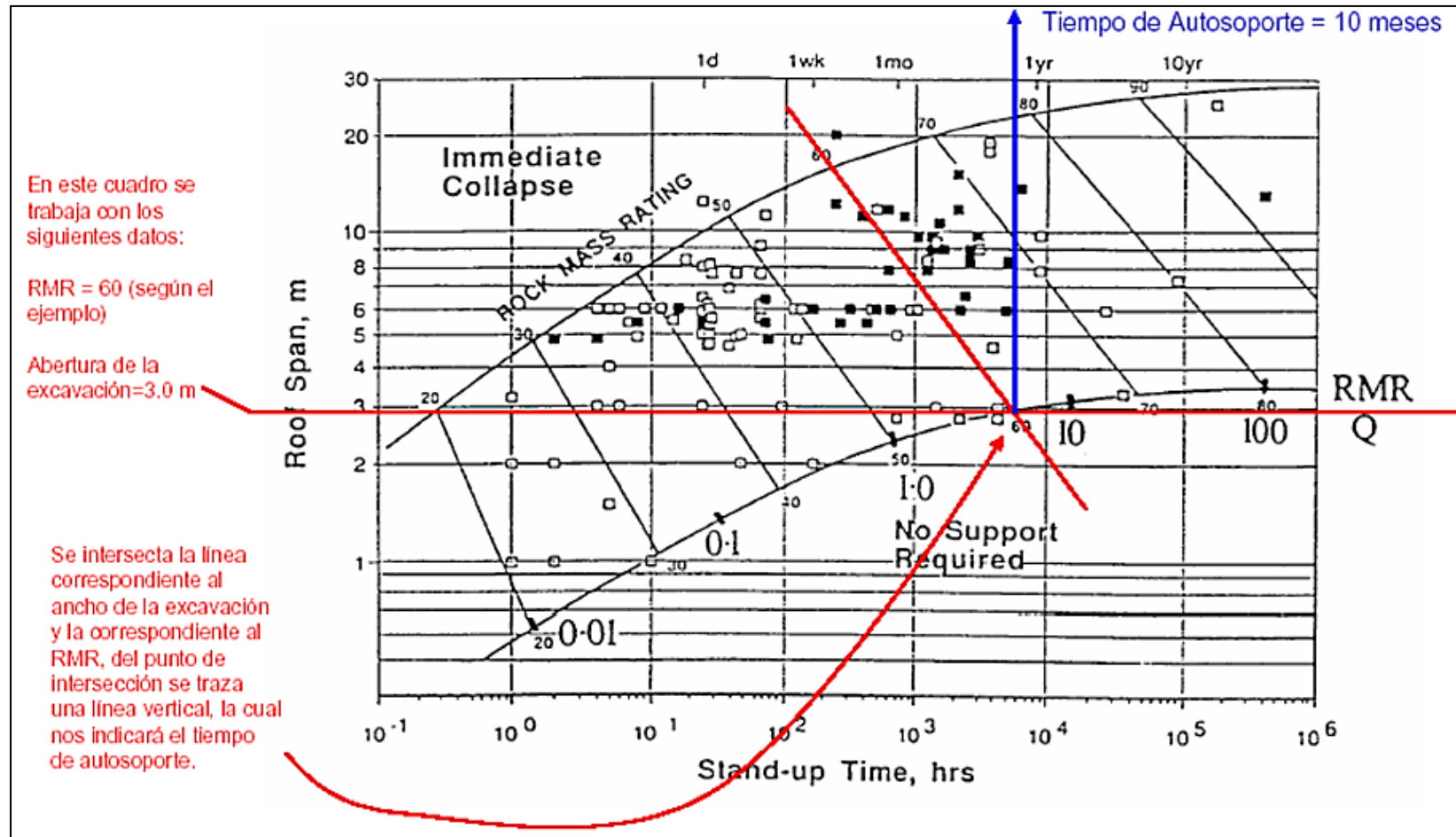
Por la intersección que llega en la tabla (MF/ MP) y es de color rojo de tipo V se toma como sostenimiento con cuadro completo.

Tabla N° 05: Diseño del tipo de sostenimiento.



- En el eje vertical se considera el cociente Luz/ESR, el valor del ESR, se determina según el tipo de labor en una constante.
- Luz es la longitud de exposición de la roca.
- En el eje horizontal se ubica la clasificación geomecánica en el sistema GSI, RM

Tabla N° 06: Tiempo de auto sostenimiento.



Fuente: CIA. Minera Reyna Cristina.

4.2.6. Discusión sobre la tabla de mapeo geológico (GSI).

Se trabaja con el valor de RMR, en el muestreo el valor del RMR. Del cuadro N° 19 es de 28 y su abertura es de 2.40m de dos datos del ancho de excavación y la correspondiente al RMR del punto de intersección se traza una línea vertical la cual nos indicara el tiempo de auto soporte en el cual, es de 2 horas.

4.2.7. Utilización de software DIPS (5.0).

Está diseñado para el análisis interactivo de los datos geológicos basados en la orientación de discontinuidades, este programa permite al usuario analizar y visualizar datos estructurales siguiendo las mismas técnicas que empleamos en los estereogramas, asimismo cuenta con características computacionales, tales como el contorno estadístico de familias de discontinuidades, orientación principal y grado de confiabilidad, variabilidad de sistemas y características cualitativas y cuantitativas de los atributos del análisis. Está diseñado para el análisis de los rasgos característicos relacionados con el análisis de la estructura de la roca, sin embargo el formato libre del archivo de datos permite el análisis de cualquier orientación de base de datos.

Cuadro N° 24: Datos tomados en diferentes galerías.

DATOS OBTENIDOS DEL MANTO CARITO 2 Nv. 0.00 Progresiva 810							
ITEM	°R GRADOS	ORIENTACION	BZ (GRADOS)	ORIENTACION	DIR. BUZ	BZ	DIR. BUZ.
1	72	S-W	80	S	162	80	162
2	5	S-W	88	S	95	88	95
3	80	S-W	82	S	170	82	170
4	30	S-W	74	W	120	74	120
5	6	S-E	26	E	96	26	96
6	4	S-E	44	W	94	44	94
7	9	S-E	26	E	99	26	99
8	69	S-W	36	S	159	36	159
9	75	S-W	20	S	165	20	165
10	58	S-W	63	S	148	63	148
11	1	N-W	14	S	91	14	91
12	84	S-W	88	S	174	88	174
13	59	S-W	83	S	149	83	149
14	70	N-W	16	N	160	16	160

DATOS OBTENIDOS DEL MANTO CARITO 1 Nv. 0.00 Progresiva 312							
ITEM	°R GRADOS	ORIENTACION	BZ (GRADOS)	ORIENTACION	DIR. BUZ	BZ	DIR. BUZ.
1	1	N-E	87	E	91	87	177
2	12	N-E	88	E	102	88	178
3	97	N-W	12	N	187	12	102
4	68	N-W	66	N	158	66	156
5	1	S-W	90	W	91	90	180
6	75	N-E	89	N	165	89	179
7	80	S-E	87	S	170	87	177
8	86	N-W	85	N	176	85	175
9	47	S-E	77	E	137	77	167
10	70	S-W	70	S	160	70	160
11	28	N-E	86	E	118	86	176
12	75	S-E	54	E	165	54	144

Fuente: CIA. Minera Reyna Cristina.

DATOS OBTENIDOS DEL MANTO CARITO 1 Nv. 0.00 Progresiva 312							
ITEM	°R GRADOS	ORIENTACION	BZ (GRADOS)	ORIENTACION	DIR. BUZ	BZ	DIR. BUZ.
1	72	S-W	80	S	162	80	170
2	5	S-W	88	S	95	88	178
3	80	S-W	82	S	170	82	172
4	30	S-W	74	W	120	74	164
5	6	S-E	26	E	96	26	116
6	4	S-W	44	W	94	44	134

Fuente: CIA. Minera Reyna Cristina.

DATOS OBTENIDOS DEL MANTO CARITO 2 Nv. 0.00 Progresiva 810							
ITEM	°R GRADOS	ORIENTACION	BZ (GRADOS)	ORIENTACION	DIR. BUZ	BZ	DIR. BUZ.
1	9	S-E	26	E	99	26	116
2	69	SE	36	S	159	36	126
3	75	S-E	20	S	165	20	110
4	58	S-W	63	S	148	63	153
5	1	N-W	14	S	91	14	104
6	84	S-W	88	S	174	88	178
7	59	S-W	83	S	149	83	173
8	70	N-W	16	N	160	16	106

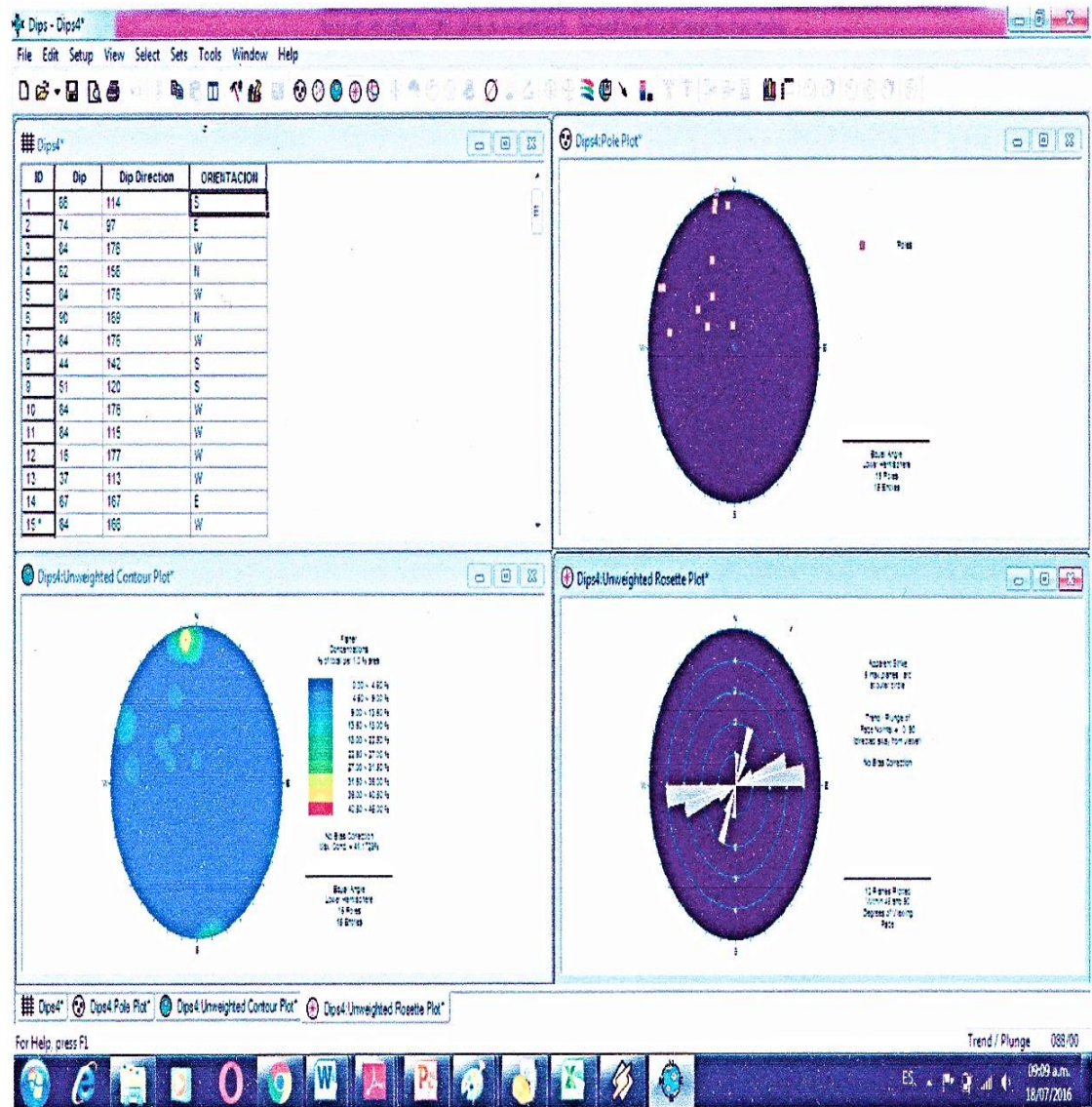
Fuente: CIA. Minera Reyna Cristina.

DATOS OBTENIDOS DEL MANTO CARITO 2 Nv. 0.00 Progresiva 810							
ITEM	°R GRADOS	ORIENTACION	BZ (GRADOS)	ORIENTACION	DIR. BUZ	BZ	DIR. BUZ.
1	24	S-E	86	S	114	86	114
2	7	S-E	74	E	97	74	97
3	86	N-W	84	W	176	84	176
4	66	N-E	62	N	156	62	156
5	86	S-E	84	W	176	84	176
6	79	N-W	90	N	169	90	169
7	86	N-W	84	W	176	84	176
8	52	S-W	44	S	142	44	142
9	30	N-W	51	S	120	51	120
10	86	S-W	84	W	176	84	176
11	25	N-W	84	W	115	84	115
12	87	S-W	16	W	177	16	177
13	23	S-W	37	W	113	37	113
14	77	S-E	87	E	167	87	167
15	76	N-W	84	W	166	84	166

Fuente: CIA. Minera Reyna Cristina.

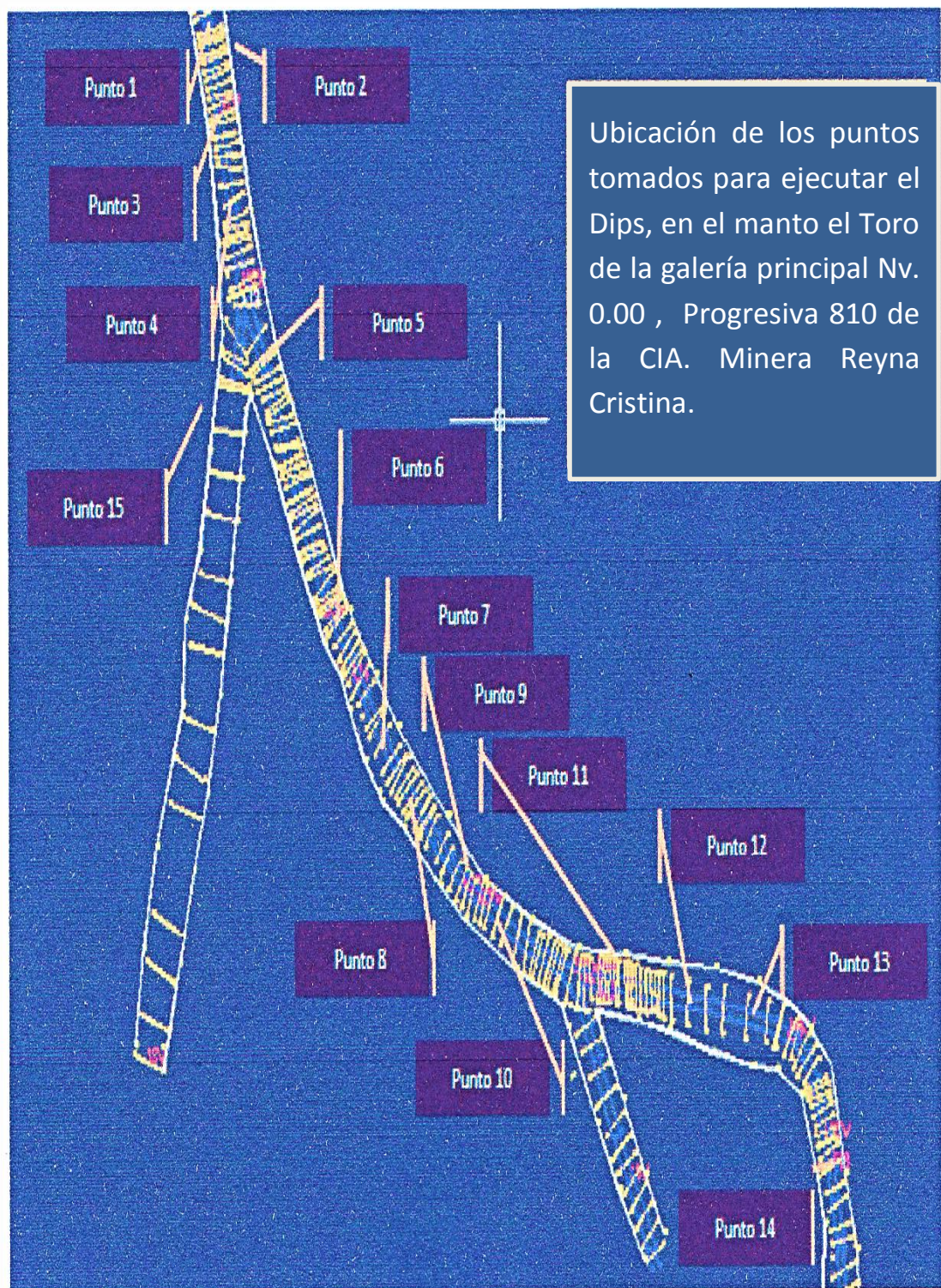
El uso del software Dips con los datos del manto el Toro del Nv. 0.00 de la progresiva 75 en la galería principal se muestran las discontinuidades como están distribuidos los contornos, en el histograma la distribución de los polos se puede mostrar en la figura N° 27.

Figura N° 27: Datos procesados en el Dips.



Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 28: Ubicación de los puntos en el Dips.



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 25: Estadística de seguridad antes de ejecutar el proyecto.

 CORMHEC S.A.C.	RESUMEN DE ACCIDENTES UNIDAD MINERA: REYNA CRISTINA - ANCASH 2010 2013				
ITEM	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	TOTAL
N° TRABAJADORES	360	480	600	720	2160.00
HORAS HOMBRE TRAB.	34560	46080	57600	69120	207360.00
ACCIDENTES LEVES	24	30	26	32	112.00
ACCIDENTES INCAPACITANTES	28	24	20	18	90.00
ACCIDENTES MORTAL	3	1	1	1	6.00
DIAS PERDIDOS	6000	265	6050	555	12870.00
INDICE DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES (IFA)	896.990741	542.534722	364.583333	274.884259	2078.99
INDICE DE SEVERIDAD DE ACCIDENTES (ISA)	173611.111	5750.86806	105034.722	8029.51389	292426.22
INDICE DE ACCIDENTABILIDAD (IA)	155727.56	3120.05	38293.91	2207.19	199348.70

Fuente. CIA. Minera Reyna Cristina

Cuadro N° 26: Estadística de seguridad de Enero – Diciembre del 2014 antes de aplicar el proyecto.



CUADRO ESTADISTICO DE SEGURIDAD CORMHEC S.A.C. 2014

MES	N° DE TRABAJADORE			N° DE INCID.		ACCIDENTES						DIAS PERDIDOS		HHT		INDICE					
	EMP	OBR	TOT.	MES	ACUM	LEVE		INCAP		FATAL		MES	ACUM	MES	ACUM	FRECUENCIA		SEVERIDAD		ACCIDENTAB.	
						MES	ACUM	MES	ACUM	MES	ACUM					MES	ACUM	MES	ACUM	MES	ACUM
ENERO	3	30	33	13	13	2	2	3	3	0	0	5	5	8280.0	8280.0	362.3	378.8	603.9	603.9	218.8	218.8
FEBRERO	3	25	28	10	23	4	6	2	5	0	0	5	10	7080.0	15360.0	282.5	661.3	706.2	1310.1	199.5	418.3
MARZO	2	25	27	8	31	3	9	5	10	0	0	0	10	6720.0	22080.0	744.0	1405.3	0.0	1310.1	0.0	418.3
ABRIL	3	32	35	15	46	2	11	0	10	1	1	8	18	8760.0	30840.0	114.2	1519.5	913.2	2223.3	104.3	522.5
MAYO	2	45	47	8	54	1	12	0	10	0	1	14	32	11520.0	42360.0	0.0	1519.5	1215.3	3438.6	0.0	522.5
JUNIO	3	38	41	11	65	4	16	0	10	0	1	9	41	10200.0	52560.0	0.0	1519.5	882.4	4321.0	0.0	522.5
JULIO	3	36	39	15	80	3	19	2	12	0	1	6	47	9720.0	62280.0	205.8	1725.3	617.3	4938.2	127.0	649.6
AGOSTO	3	30	33	12	92	0	19	1	13	0	1	0	47	8280.0	70560.0	120.8	1846.0	0.0	4938.2	0.0	649.6
SEPTIEMBRE	3	45	48	13	105	2	21	4	17	0	1	0	47	11880.0	82440.0	336.7	2182.7	0.0	4938.2	0.0	649.6
OCTUBRE	3	50	53	15	120	3	24	1	18	1	2	15	62	13080.0	95520.0	152.9	2335.6	1146.8	6085.0	175.3	824.9
NOVIEMBRE	3	46	49	17	137	0	24	1	19	0	2	8	70	12120.0	107640.0	82.5	2418.1	660.1	6745.1	54.5	879.4
DICIEMBRE	3	48	51	20	157	2	26	1	20	0	2	0	70	12600.0	120240.0	79.4	2497.5	0.0	6745.1	0.0	879.4

Fuente. Área de seguridad.

4.2.5. Resumen de accidentes del periodo 2010 - 2013

Como se observa en el cuadro N° 23 se tiene los datos estadísticos de seguridad, en el cual se muestra los tipos de accidentes en la Cía. Minera Reyna Cristina en el periodo mencionado, en el cuadro mostrado se puede distinguir el número de accidentes leves con 112 trabajadores, 90 accidentes incapacitantes y en accidentes mortales se tiene 6 trabajadores. Los resultados obtenidos de los índices de frecuencia se tiene los siguientes dato:

IFA: 1999.42; ISA: 292426.22; IA: 189176.96. como se observa son datos muy elevados en los trabajadores y de no contar con un área de geomecánica para el estudio del tipo de roca para poder realizar el sostenimiento más adecuado.

4.2.6. Resumen de accidentes del periodo 2014.

Como se puede observar en el cuadro N° 24, los datos estadísticos de seguridad se en la Cía. Minera Reyna Cristina en el periodo 2014, suman un total de 484 trabajadores incluido empleados, así mismo se puede distinguir el número de accidentes leves con 26 trabajadores, 20 accidentes incapacitantes y los accidentes mortales suma con 2 trabajadores, haciendo un total de 48 accidentados. Los resultados obtenidos de los Índices de frecuencia es. IFA: 203.8, Índice de severidad IS: 713.4; Índice de accidentabilidad IA: 145.4

Resultado estadístico de seguridad después de la aplicación del proyecto 2015.

Cuadro N° 27: Cuadro estadístico de seguridad 2015.

 CUADRO ESTADISTICO DE SEGURIDAD CORMHEC S.A.C. 2015																					
MES	N° DE TRABAJADORE			N° DE INCID.		ACCIDENTES						DIAS PERDIDOS		HHT		INDICE					
						LEVE		INCAP		FATAL						FRECUENCIA		SEVERIDAD		ACCIDENTAB.	
	EMP	OBR	TOT.	MES	ACUM	MES	ACUM	MES	ACUM	MES	ACUM	MES	ACUM	MES	ACUM	MES	ACUM	MES	ACUM	MES	ACUM
ENERO	2	30	32	7	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7920.0	7920.0	0.0	378.8	0.0	0.0	0.0	0.0
FEBRERO	2	25	27	5	12	0	0	0	0	0	0	0	0	6720.0	14640.0	0.0	378.8	0.0	0.0	0.0	0.0
MARZO	2	25	27	8	20	1	1	0	0	0	0	0	0	6720.0	21360.0	0.0	378.8	0.0	0.0	0.0	0.0
ABRIL	3	32	35	5	25	2	3	1	1	0	0	2	2	8760.0	30120.0	114.2	493.0	228.3	228.3	26.1	26.1
MAYO	2	30	32	8	33	2	5	0	1	0	0	0	2	7920.0	38040.0	0.0	493.0	0.0	228.3	0.0	26.1
JUNIO	3	38	41	7	40	3	8	2	3	0	0	2	4	10200.0	48240.0	196.1	689.0	196.1	424.4	38.4	64.5
JULIO	3	36	39	9	49	2	10	0	3	0	0	0	4	9720.0	57960.0	0.0	689.0	0.0	424.4	0.0	64.5
AGOSTO	2	30	32	7	56	1	11	0	3	0	0	0	4	7920.0	65880.0	0.0	689.0	0.0	424.4	0.0	64.5
SEPTIEMBRE	2	30	32	7	63	1	12	1	4	0	0	1	5	7920.0	73800.0	126.3	815.3	126.3	550.7	15.9	80.5
OCTUBRE	4	50	54	9	72	2	14	0	4	0	0	0	5	13440.0	87240.0	0.0	815.3	0.0	550.7	0.0	80.5

Fuente: Área de seguridad.

4.2.6. Discusión sobre el resumen de accidentes del periodo 2014 – 2015

En el cuadro N° 24 antes de la aplicación de la geomecánica los cuadros estadísticos de seguridad se observó cifras elevadas de los tipos de accidentes en la Cía. Minera Reyna Cristina, en el periodo 2014 se observa un total de 48 accidentados y los resultados obtenidos de los índices de frecuencia IFA: 203.8; Índice de severidad IS: 713.4, Índice de accidentabilidad IA: 145.4 a comparación del año 2015 se tiene los resultados al finalizar el proyecto mediante un cuadro comparativo después de la aplicación de la geomecánica; accidentes leves 14 accidentados con una diferencia de 26 accidentados, 4 accidentes incapacitantes con una diferencia de 20 accidentados y cero accidentes mortales con la diferencia de 2 mortales. Claramente podemos observar los resultados que favorecen al proyecto de la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón en la prevención de accidentes por desprendimientos de rocas en la Cía. Minera Reyna Cristina.

4.3. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.

4.2.1. Hipótesis general (alterna) H1:

La aplicación de la geomecánica en los frentes de avance de carbón influye significativamente en la prevención de accidentes por desprendimientos de rocas en la Cía. Minera Reyna Cristina.

4.2.2. Hipótesis nula H0:

La aplicación de la geomecánica en los frentes de avance de carbón no influye significativamente en la prevención de accidentes por desprendimientos de rocas en la Cía. Minera Reyna Cristina.

Teniendo en cuenta el planteamiento de diversos autores para contrastar hipótesis se ha optado por la prueba “t” de student, como prueba estadística que sirve para evaluar si las mediaciones defieren entre sí de manera significativa aplicada en variables cuantitativas.

Cuadro N° 28: Datos estadísticos de Accidentes Acumulados en el 2014.

ACCIDENTES (ENERO – DICIEMBRE 2014)				
MES	LEVE	INCAP	FATAL	TOTAL
ENE.	2	3	0	5
FEB.	4	2	0	6
MAR.	3	5	0	8
ABR.	2	0	1	3
MAY.	1	0	0	1
JUN.	4	0	0	4
JUL.	3	2	0	5
AGOS.	0	1	0	1
SET.	2	4	0	6
OCT.	3	1	1	5
NOV.	0	1	0	1
DIC	2	1	0	3
TOTAL				48
PROMEDIO				4.00
DESVESTA				2.2563043

Datos estadísticos de accidentes acumulada del 2014 antes de aplicar la geomecánica en el cual se observa un acumulado de 48 accidentes en total.

Cuadro N° 29: Datos estadísticos de Accidentes Acumulados 2015.

ACCIDENTES (ENERO - OCTUBRE 2015)				
MES	LEVE	INCAP.	FATAL	TOTAL
ENERO	0	0	0	0
FEBRERO	0	0	0	0
MARZO	1	0	0	1
ABRIL	2	1	0	3
MAYO	2	0	0	2
JUNIO	3	2	0	5
JULIO	2	0	0	2
AGOSTO	1	0	0	1
SEPTIEMBRE	1	1	0	2
OCTUBRE	2	0	0	2
TOTAL				14
PROMEDIO				1.80
DESVESTA				1.47572957

Los datos estadísticos de accidentes acumulados del 2015 son después de haber aplicado la geomecánica en los frentes de avances de carbón, se ha registrado 14 accidentes desde el periodo de enero a octubre teniendo una diferencia de 34 accidentados.

Determinación del estadístico de prueba (t):

$$T = \left(\frac{\bar{X} - \mu_o}{S} \right) \sqrt{n} \dots (\sigma \text{ Desconocido})$$

$$\bar{X} = 1.80$$

$$\mu_o = 9$$

$$S = 1.475$$

$$n = 10$$

$$t = -2.756.$$

Determinación de la región de rechazo (Tc):

Se obtiene este valor del EXCEL 2013, aplicando la siguiente sintaxis:

Tc = DISTR.T.INV (probabilidad, grados de libertad)

Probabilidad es el nivel de significación α (dos colas) y $2*\alpha$ (1 cola)

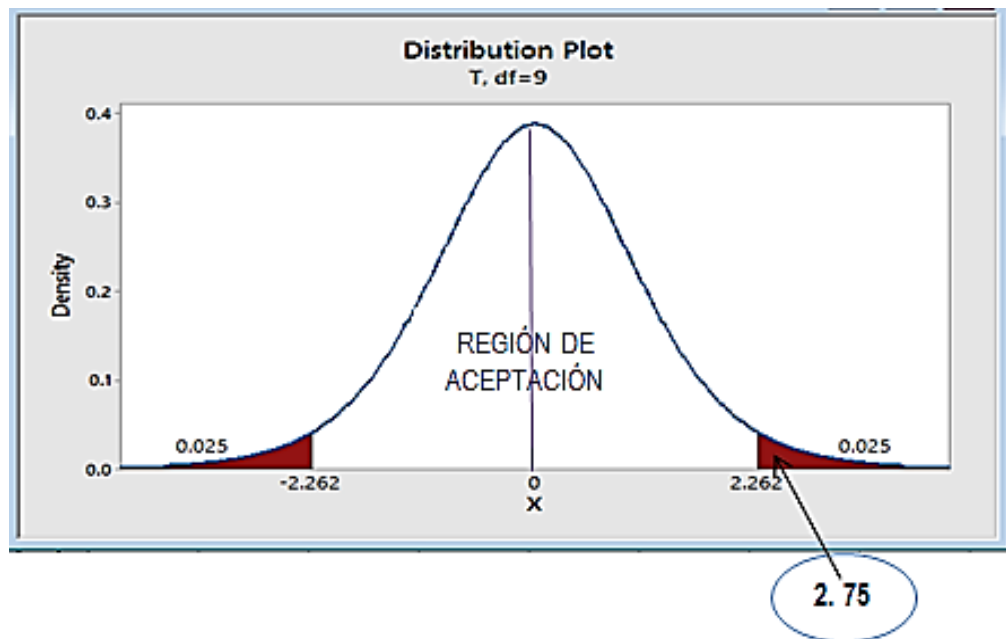
Grados de libertad ($n - 1$) es el número de grados de libertad de la distribución α : 0.05 ($n - 1$) = 9

a) Cálculo del Estadígrafo de Prueba.

Para determinar este parámetro de utilizo la fórmula siguiente:

$$t_e = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{sp^2}{n_1} + \frac{sp^2}{n_2}}} \quad t_e = \frac{4 - 1.80}{\sqrt{\frac{2.25^2}{12} + \frac{1.47^2}{10}}} = 2.756$$

Figura N° 29: Distribución de la T standing.



a) Toma de decisión.

Como la distribución de la $t = -2.756$ que es mayor a $T_c = -2.262$, y cae en la zona de rechazo entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta (H_1). Con un nivel de significancia de 95%, y la prueba t de Student que la aplicación de la geomecánica en los frentes de avance de carbón influye significativamente en prevenir los accidentes por desprendimientos de rocas en la Cía. Minera Reyna Cristina - Ancash.

CONCLUSIONES

1. Con la aplicación de la geomecánica, los resultados durante los meses de trabajo de enero a octubre del 2015, se tuvo 29.2% accidentados, logrando disminuir los accidentes por desprendimientos de rocas, como se muestra en el cuadro estadístico de accidentes con una diferencia de 70.8% accidentados desde enero a octubre del 2015.
2. Con la aplicación de la geomecánica y el uso de las tablas (RMR y GSI) dieron resultados positivos minimizando los accidentes leves en 53.9% en el año 2015, con una diferencia de 46.1% accidentados del acumulado en el año 2014.
3. Con la aplicación de la geomecánica, se tiene estos resultados de 20% accidentes incapacitantes, con una diferencia del 80% de accidentes observando resultados claros en la disminución de accidentes incapacitantes en los trabajadores en los años 2014 y 2015 en las operaciones mineras.
4. Con la aplicación de la geomecánica en la Cía. Minera Reyna Cristina – Ancash se ha demostrado que después de la aplicación del proyecto en los frentes de avances de carbón, los accidentes mortales se han reducido al 100% en el periodo de enero a octubre del 2015 con una diferencia de dos mortales que corresponden al año 2014.

RECOMENDACIONES

1. La aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón pudo prevenir desprendimientos de roca, se exige la continua aplicación geomecánica, juntamente con la identificación de peligro y riesgos.
2. Continuar con las aplicación geomecánica (RMR y GSI), con capacitaciones programadas y no programadas, de igual manera seguir con las charlas de 5 minutos antes de iniciar las actividades.
3. Capacitar al personal de la Cía. Minera Reyna Cristina con temas respecto al área de geomecánica, con tendencia a mejorar continuamente con prácticas aceptables.
4. Brindar apoyo al área de geomecánica, para realizar un buen seguimiento y control de participación del personal, para seguir con las estadísticas fatales en cero.
5. Utilizar el “t” de Student, para la constatación de hipótesis como prueba estadística que sirve para evaluar si las mediciones difieren entre sí de manera significativa aplicada en variables cuantitativas y es para datos o tamaños muestrales menores como la técnica de la encuesta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Carlos Arturo Pérez Macavilca, (2008) "Manual de geomecánica en minería subterránea", pp. 124 - 170.
- 2) Cartaya, P. M y R .Blanco. (1999) Modelos geomecánicos del macizo rocoso en la mina de cromo Merceditas. Minería y Geología (Moa); XVI (2): pp. 47 – 52.
- 3) Barton, N., Lien, R., and Lunde, J. (1988) "Engineering Classification of Rock Masses for the design of Tunnel Support", Rock Mechanics, pp. 98 - 103.
- 4) Bieniawski, Z. T. (1989), "Engineering Rock Mass Classifications", A Wiley-Interscience USA, pp. 278 - 280.
- 5) Gonzales Castro, Abel. Oseda Gago, Dulio. Ramírez Rosales Felicísimo G. Gave Chagua, José L. (2011) ¿Cómo aprender y enseñar investigación científica?, primera edición, pp. 142
- 6) Ing. Rolando Medina (2007) Geomecánica Aplicada a Sostenimiento de Labores Mineras, Compañía de Minas Buenaventura - Unidad Recuperada. Interesomin pp. 96 – 99.
- 7) Kerlinger, F. y otros (2002), Investigación del comportamiento. Ed. Interamericano. México, pp. 114 - 116.
- 8) Ary, Donald y otros (1993:76): Metodología estadística. pp. 68 – 69.
- 9) Martin, (1980). Sostenimiento con madera sobre capas inclinadas. Fundación Gomez - Pardo. Madrid, pp. 204 - 216.
- 10) Mauro Giraldo P. Wilfredo Blas G. (2007). Minería actual del carbón en el norte del Perú (Actual coal mining in north of Perú) E. Vol. 10, N° 20, UNMSM, pp. 81-76.
- 11) Néstor Córdova R. (2008) [grado de maestro] "Geomecánica en el minado subterráneo caso mina condestable" Lima - Perú; pp.8.
- 12) Palmstrom, A. (2002) Caracterización de Macizos Rocosos mediante el RMR y sus aplicaciones en mecánica de rocas. Madrid; pp.176 – 180.
- 13) D.S. 055 – 2010 – EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional. pp.250.

- 14) Restituto, S. (2002) Trabajo de investigación científica. México. pp. 211.
- 15) Oseda, D. (2008) Metodología de la Investigación. Perú: Ed. Pirámide. pp. 120.
- 16) Oseda, D. (2008) Metodología de la Investigación. Perú: Ed. Pirámide. pp. 121.
- 17) Oseda, D. (2008) Metodología de la Investigación. Perú: Ed. Pirámide. pp. 123.
- 18) Oseda, D. (2008) Metodología de la Investigación. Perú: Ed. Pirámide. pp. 124.
- 19) U.S. (1974).National Comitte on Rocks Mechanics; pp. 47 - 60.

PÁGINAS WEB:

- ✓ “Solo minería”, manual de geomecánica, Revisado, Setiembre del 2015.
- ✓ Sitio web: <http://www.unasam.edu.pe.pe/facultades/minas/trabajos.php/>.
Revisado, Octubre, 2015.
- ✓ [http:// www.prevencion-riesgos-laborales.com](http://www.prevencion-riesgos-laborales.com). Revisado, Noviembre, 2015.
- ✓ “Rincón Del Vago”, TESIS-Geomecánica aplicada en minería subterránea.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: APLICACIÓN DE LA GEOMECÁNICA PARA PREVENIR ACCIDENTES EN LOS FRENTES DE AVANCES DE CARBÓN POR DESPRENDIMIENTOS DE ROCAS EN LA CIA MINERA REYNA CRISTINA - ANCASH

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS Y VARIABLE:	METODOLOGÍA
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA: ¿De qué manera la aplicación de la geomecánica influye en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina? PROBLEMAS ESPECÍFICOS: 1. ¿Cómo influye la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes leves por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina? 2. ¿Cómo influye la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes incapacitantes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina? 3. ¿Cómo influye la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes fatales por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina?	OBJETIVO GENERAL: Determinar la influencia de la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina. OBJETIVOS ESPECÍFICOS: 1.Determinar la influencia de la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes leves por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina. 2.Determinar la influencia de la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes incapacitantes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina. 3.Determinar la aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón para prevenir accidentes fatales por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina.	1. ANTECEDENTES: • TESIS “DESPRENDIMIENTO DE ROCAS QUE GENERAN ACCIDENTES FATALES EN LA MINERIA PERUANA” El presente trabajo de investigación tiene por objetivo presentar los resultados obtenidos de la caracterización del macizo rocoso y frente a la problemática de muertes prematura de trabajadores en la minería peruana, así como también en la Mina Huanzalá. • “GEOMECANICA APLICADA EN LA REDUCCION DE COSTOS EN LA MINA HUANZALA MINERA SANTA LUISA S.A.”. Esta investigación tuvo como objetivo fundamental ver la reducción de costos al hacer la aplicación de la geomecánica en esta Mina, ya que en la Mina Huanzalá se observaba que la caída de rocas generaba costos considerables que afectaban el buen andar de la Empresa.	HIPÓTESIS GENERAL: La aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón influye significativamente en la prevención de accidentes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS: 1. La aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón influye significativamente en prevenir accidentes leves por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina. 2. La aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón influye significativamente en prevenir accidentes incapacitantes por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina. 3. La aplicación de la geomecánica en los frentes de avances de carbón influye significativamente en prevenir accidentes fatales por desprendimientos de rocas en la CIA. Minera Reyna Cristina. VARIABLES: Variable independiente: X₁: Aplicación de la Geomecánica. Variable dependiente: Y₁: Prevención de accidentes.	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada o tecnológica NIVEL DE INVESTIGACIÓN: Descriptiva - Explicativa MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Método general: Investigación Científica Método específico: Pre - Experimental DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Pre - experimental GE: 0₁ X 0₂ Dónde: G.E. : Grupo Experimental. 0₁ : Pre test. 0₂ : Post test. X : Manipulación de la variable independiente. POBLACIÓN Y MUESTRA: La Población. Está conformada por la Empresa CORMHEC S.A.C., Nv. 0.00 nivel principal. Muestra. Desde la progresiva 300 hasta la progresiva 800. Empresa CORMHEC S.A.C. TÉCNICAS O INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS: Técnicas: Recopilación de los datos estadísticos emitidos por la empresa CORMHEC S.A.C. Los Instrumento: Aplicación de software Dips, Unwedge y, tablas de las clasificaciones geomecánicas, utilización de programas como Excel, Visual Basic 4.5.

Foto N° 01: Zona del proyecto.



Foto N° 02: Reforzamiento de la boca mina.



Foto N° 03: Desatado de rocas, para los trabajos de realce de la caja techo.



Foto N° 04: Replanteo de puntos, de la galería en interior mina.



CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE LA TESIS

[illegible]

PRESUPUESTO:

ITEM	ÚTILES DE OFICINA (Detalle)	UND.	P.U.	CIA. MINERA REYNA CRISTINA	
				CANT.	S/.
1.	Lapiceros - azul / negro / rojo	Unid.	0.40	20	8.00
2.	Plumones de pizarra	Unid.	3.00	10	30.00
3.	Papel bond 75 gramos	Unid.	13.00	10	130.00
4.	Pizarra acrílica	Unid.	110.00	1	110.00
5.	Panel informativo	Unid.	35.00	2	70.00
6.	Cinta de embalaje	Unid.	2.00	5	10.00
7.	Goma en barra	Unid.	3.00	4	12.00
8.	Archivadores	Unid.	4.00	10	40.00
9.	Tinta impresora de color y negro	Unid.	50.00	8	400.00
10.	Tóner	Unid.	70.00	2	140.00
11.	Fundas mica para documentos A4	Unid.	0.25	60	15.00
12.	Micas electro soldables A4	Unid.	0.50	60	30.00
13.	Cuaderno de 50 hojas	Unid.	0.80	10	8.00
14.	Cuaderno de 100 hojas	Unid.	2.00	10	20.00
15.	Vinifan	Unid.	3.00	4	12.00
16.	Folder manila	Unid.	0.50	12	6.00
17.	Micas electro soldables fotocheck	Unid.	0.25	60	15.00
18.	Papel lustre	Unid.	0.50	10	5.00
19.	CD/DVD	Unid.	1.00	12	12.00
20.	Grapas	Caja	3.00	3	9.00
21.	Masking tape	Unid.	2.00	4	8.00
22.	papelote	Unid.	0.50	12	6.00
23.	Clip	Caja	1.20	4	4.80
24.	Chinchas	Unid.	2.00	6	12.00
25.	Equipos de medición de gases	Unid.	2 500	2	5 000
26.	Proyector	Unid.	1 000.00	1	1 000.00
27.	Cámara digital de 8mg pixeles	Unid.	300.00	1	300.00
28.	Formato de inspección	100unid	0.30	3	90.00
29.	Formato de IPERC.	100unid	1.20	3	120.00
30.	Formato de charla de 5 minutos	100unid	0.30	3	90.00
31.	Formato de capacitación y entrenamiento	100unid	0.30	3	90.00
32.	Formato de reporte de inspección	100unid	0.20	3	60.00
SUB TOTAL S/.					7 862.80

ITEM	MATERIALES PARA IMPLEMENTACION EN LABORES	UND.	P.U.	CIA MINERA REYNA CRISTINA	
				CANT.	S/.
1.	Pintura	Lata	15.00	2	30.00
2.	arena	1M3	30.00	4	120.00
3.	cemento	Bolsa	23.00	3	69.00
4.	brocha	Unid.	4.00	4	16.00
5.	thinner	Galón	5.00	4	20.00
6.	trapo industrial	Kilo	5.00	5	25.00
7.	costales	Unid.	1.50	30	45.00
8.	Lava ojos	Unid.	3.00	12	36.00
9.	Jabón líquido	Unid.	5.00	12	60.00
SUB TOTAL S/.					411.00

ITEM	MATERIALES PARA LABORES PANELES INFORMATIVOS	UND.	P.U.	CIA MINERA REYNA CRISTINA	
				CANT.	S/.
1.	Tipo de roca	Unid.	0.50	5	2.50
2.	Planos	Unid.	1.00	4	4.00
3.	Estadísticas de seguridad	Unid.	0.20	10	2.00
4.	Estándares y Pets (Juego)	Unid.	15.00	2	30.00
5.	Reglamento interno de trabajo	Unid.	10.00	3	30.00
6.	Reglamento de seguridad y salud ocupacional	Unid.	15.00	4	60.00
7.	D.S.055-2010-EM	Unid.	15.00	4	60.00
SUB TOTAL S/.					158.00
TOTAL:					8 431.80

FINANCIAMIENTO: El presente trabajo de investigación ha sido financiado con los recursos propios de los señores investigadores, contando con el apoyo de la EMPRESA: CORPORACIÓN MINERA HIDRÁULICA EQUIPOS Y CONSTRUCCIÓN - S.A.C.