

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas

Tesis

**Evaluación económica de la recuperación de pilares de mineral en la explotación de la veta Cabana - nivel 3125 de Minera Aurífera Retamas S. A.**

Beder Huaranga Carhuavilca

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero de Minas

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **ASESOR**

Ing. Javier Córdova Blancas

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios en primer lugar, asimismo a la empresa minera aurífera Retamas por brindarme el apoyo necesario para la realización de la presente tesis. En segundo lugar, al Ingeniero Javier Carlos Córdova Blancas por su paciencia y orientación, en la culminación del presente trabajo.

## **DEDICATORIA**

A mis padres por el esfuerzo y apoyo incondicional que me brindaron, por ser mis guías y ejemplo a seguir y formarme una persona de bien. A mis maestros de la Universidad Continental, por brindarme sus conocimientos adquiridos en años de trabajo, en el campo y en las aulas que contribuyeron en mi formación académica y profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	I
ASESOR	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
ÍNDICE	V
LISTA DE TABLAS	VIII
LISTA DE FIGURAS	X
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	19
1.1. Planteamiento y formulación del problema	19
1.1 1. Planteamiento del problema	19
1.1 2. Formulación del problema	20
1 2. Objetivos	21
1.2 1. Objetivo general	21
1.2 2. Objetivos específicos	21
1.3. Justificación e importancia	21
1.3 1. Justificación práctica	21
1.3 2. Justificación académica	21
1.3 3. Justificación económica	22
14. Hipótesis de la investigación	22
1.4 1. Hipótesis general	22
1.4 2. Hipótesis específicas	22
1.5. Identificación de las variables	22
1.5 1. Variable independiente	22
1.5 2. Variables dependientes	23
1.5 3. Matriz de operacionalización de variables	23
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	24
21. Antecedentes del problema	24
2.1 1. Antecedentes nacionales	24

2.1.2. Antecedentes internacionales	27
2.2. Generalidades de la minera aurífera Retamas	28
2.2.1. Generalidades	28
2.2.2. Ubicación	28
2.2.3. accesibilidad	29
2.3. Geología general	30
2.3.1. Geología regional	30
2.3.2. Geología local	31
2.3.3. Geología estructural	31
2.4. Aspectos del minado	33
2.4.1. Estructura de la mina	33
2.4.2. Método de minado	33
2.5. Bases teóricas del estudio	47
2.6. Estudio geomecánico	47
2.6.1. Caracterización de la masa rocosa	47
2.6.2. Clasificación geomecánica de la masa rocosa	56
2.6.3. Zonificación geomecánica de la masa rocosa	57
2.6.4. Resistencia de la roca	58
2.6.5. Condiciones de agua subterránea	67
2.6.6. Esfuerzos <i>in situ</i>	68
2.7. Análisis de estabilidad	70
2.7.1. Generalidades	70
2.7.2. Estabilidad estructuralmente controlada	70
2.7.3. Estabilidad controlada por esfuerzos	72
2.7.4. Plan de minado anual	90
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	96
4.1. Método y alcances de la investigación	96
4.1.1. Método de la investigación	96
4.2. Alcances de la investigación	97
4.3. Diseño de investigación	98
4.3.1. Tipo de diseño de investigación	98
4.4. Población y muestra	99
4.4.1. Población	99
4.4.2. Muestra	99

4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos-----	99
4.5.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos -----	99
4.5.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos-----	99
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	100
5.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información -----	100
5.1.1. Área de estudio – veta Cabana-----	100
5.1.2. Procedimiento de explotación tajos – veta Cabana -----	103
5.1.3. Producción de mineral de tajos veta Cabana – sector Chilcas-----	111
CONCLUSIONES_____	120
RECOMENDACIONES_____	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS_____	122
ANEXOS_____	123

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de variables .....	23
Tabla 2. Ruta geográfica .....	29
Tabla 3. Sistema de discontinuidades estructuras menores (sistema de diaclasas). Dirección de buzamiento / buzamiento.....	49
Tabla 4. Sistema de discontinuidades estructuras mayores compósito de fallas (Ver anexo III-B).....	49
Tabla 5. Rangos de clasificación RMR y colores establecidos en MARSA .....	56
Tabla 6. Resumen de calidad RMR de la masa rocosa – mina MARSA .....	56
Tabla 7. Zonificación geomecánica mina MARSA.....	57
Tabla 8. Resultados de ensayos en laboratorio de mecánica de rocas.....	58
Tabla 9. Propiedades de la resistencia de la masa rocosa .....	59
Tabla 10. Programa de producción sector Chilcas, de la unidad minera Retamas .....	92
Tabla 11. Programa de producción sector Chilcas, de la unidad minera Retamas .....	94
Tabla 12. Datos de campo, TJ 163 (S/N 3165 - N), unidad minera Retamas.....	103
Tabla 13. Datos de campo, TJ 163 (S/N 3165 - N), unidad minera Retamas.....	104
Tabla 14. Cuadro de resumen de control en el TJ 163 (S/N 3165 – N).....	105
Tabla 15. Datos de campo, TJ 161 (S/N 3165 -S), unidad minera Retamas .....	106
Tabla 16. Cuadro de resumen de control en el TJ 161 (S/N 3165 – S).....	107
Tabla 17. Datos de campo, TJ 207 (S/N 3151 -S), unidad minera Retamas .....	108
Tabla 18. Cuadro de resumen de control en el TJ 161 (S/N 3165 – S).....	109
Tabla 19. Producción de mineral tajeos, periodo diciembre 2019, veta Cabana, nivel 3125.....	112
Tabla 20. Producción de mineral tajeos, periodo enero 2020, veta Cabana, nivel 3125.....	112
Tabla 21. Producción de mineral tajeos, periodo febrero 2020, veta Cabana, nivel 3125.....	113
Tabla 22. Producción de mineral tajeos, periodo marzo 2020, veta Cabana, nivel 3125.....	114
Tabla 23. Producción de mineral tajeos, periodo abril 2020, veta Cabana, nivel 3125.....	115

Tabla 24. Producción de mineral tajeos, periodo junio 2020, veta Cabana, nivel 3125.....	115
Tabla 25. Producción de mineral de recuperación de pilares, periodo diciembre 2019, veta Cabana, nivel 3125 .....	116
Tabla 26. Producción de mineral de recuperación de pilares, periodo enero 2020, veta Cabana, nivel 3125.....	116
Tabla 27. Producción de mineral de recuperación de pilares, periodo febrero 2020, veta Cabana, nivel 3125.....	116
Tabla 28. Producción de mineral de recuperación de pilares, periodo marzo 2020, veta Cabana, nivel 3125 .....	117
Tabla 29. Producción de mineral de recuperación de pilares, periodo abril 2020, veta Cabana, nivel 3125 .....	117
Tabla 30. Producción de mineral de recuperación de pilares, periodo junio 2020, veta Cabana, nivel 3125 .....	117
Tabla 31. Resumen Económico de Producción de mineral de métodos de minado, periodo diciembre del 2019 a junio 2020, veta Cabana, nivel 3125.....	118
Tabla 32. Resumen económico de producción de mineral de recuperación de pilares, periodo diciembre del 2019 a junio 2020, veta Cabana, nivel 3125.....	118
Tabla 33. Tabla de variables .....	124

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la unidad de producción minera MARSA .....	29
Figura 2. Plano geológico regional .....	30
Figura 3. Plano geológico local .....	31
Figura 4. Diseño de rampa, vista en sección.....	35
Figura 5. Diseño de rampa, vista en sección.....	36
Figura 6. Vista Isométrica, corte y relleno ascendente convencional .....	37
Figura 7. Vista transversal.....	37
Figura 8. Método de explotación corte y relleno ascendente convencional.....	38
Figura 9. Cámaras en dirección al buzamiento .....	40
Figura 10. Cámaras en dirección al buzamiento .....	40
Figura 11. Explotación de los pilares intermedios .....	41
Figura 12. Preparación block de explotación, vista en isométrico .....	44
Figura 13. Preparación block de 38.50 m x 20.0 m .....	44
Figura 14. Preparación de chimenea central de sección 2.40 m x 1.50 m .....	45
Figura 15. Vista del método de explotación Long Wall, con puntales.....	45
Figura 16. vista de block relleno.....	46
Figura 17. Long Wall con cuadros de madera.....	46
Figura 18. Long Wall con cuadros de madera.....	47
Figura 19. Contorneo estadístico de la concentración de polos del compósito de estructuras asociadas al dominio estructural veta Cabana (1.5 % del área de la superficie del hemisferio).....	49
Figura 20. Representación de los planos principales del compósito de, asociados al dominio estructural de la veta Cabana.....	50
Figura 21. Contorneo estadístico de la concentración de polos del compósito de estructuras menores.....	50
Figura 22. Representación de los planos principales del compósito de estructuras menores.....	51
Figura 23. Contorneo estadístico de la concentración de polos del compósito de fallas.....	51
Figura 24. Representación de los planos principales del compósito de fallas .....	52
Figura 25. Diagramas de rosetas del compósito de fallas .....	52

Figura 26. Histograma de frecuencias espaciamento dominio estructural veta Cabana .....	55
Figura 27. Histograma de frecuencias tipo de relleno dominio estructural veta Cabana .....	55
Figura 28. Análisis RocLab dominios estructurales asociados a diorita (III-A, III-B, IV-A y IV-B) .....	61
Figura 29. Análisis RocLab dominios estructurales asociados a granito (III-A, III-B, IV-A y IV-B) .....	63
Figura 30: Análisis RocLab dominios estructurales asociados a granodiorita (III-A, III-B, IV-A y IV-B). .....	65
Figura 31. Análisis RocLab dominios estructurales asociados a tonalita (III-A, III-B IV-A y IV-B).....	67
Figura 32. Presencia de agua en labores, MARSA .....	68
Figura 33. Dirección de esfuerzos in situ en MARSA y configuración para sección de análisis geomecánico .....	69
Figura 35. Formación de cuñas, cuando el avance de la excavación está orientado perpendicular a la mineralización: cruceros y accesos.....	71
Figura 37: Modelo de malla de elementos finitos para la simulación del minado por corte y relleno ascendente semi mecanizado.....	73
Figura 37. Distribución de factores de resistencia a medida que se desarrolla el minado por método de corte y relleno ascendente .....	75
Figura 38. Modelo de malla de elementos finitos para la simulación del minado por corte y relleno ascendente convencional.....	76
Figura 39. Distribución de factores de resistencia a medida que se desarrolla el minado por método de corte y relleno ascendente convencional ....	79
Figura 40. Modelo de malla de elementos finitos para la simulación del minado semi mecanizado por cámaras y pilares.....	80
Figura 41. Distribución de factores de resistencia a medida que se desarrolla el minado por método semi mecanizado de cámaras y pilares .....	83
Figura 42. Modelo de malla de elementos finitos para la simulación del minado por longwall .....	83
Figura 43. Distribución de factores de resistencia a medida que se desarrolla el minado por método longwall.....	87

Figura 44. Modelo de malla de elementos finitos para la simulación del minado mediante la recuperación de pilares en tajos (TR) .....	88
Figura 45: Distribución de factores de resistencia a medida que se desarrolla el minado por el método mediante la recuperación de pilares.....	90
Figura 46. Sectores de producción en la unidad minera Retamas .....	91
Figura 47. Sectores de producción en la unidad minera Retamas .....	93
Figura 48. Programa de avance sobre estructura, veta Cabana en la unidad minera Retamas .....	95
Figura 49. Vista en planta de la veta Cabana en la unidad minera Retamas .....	101
Figura 50. Vista en planta y longitudinal en el Tajo 200 de la veta Cabana en la unidad minera Retamas.....	102
Figura 51. Cuadro de control de semana de dilución .....	106
Figura 51. Cuadro de control de semana de dilución .....	108
Figura 52. Cuadro de control de semana de dilución .....	110
Figura 53. Cuadro de control de semana de dilución .....	125
Figura 54. Unifamiliar del circuito de ventilación .....	126
Figura 55. Geomecánica del sector Chilca, unidad minera Marsa .....	127
Figura 56. Limpieza en L con rastra de 36”, winche de 15 Hp, método de minado Long Wall.....	128
Figura 57. Sostenimiento con puntales y cabezales Jack Pot del método de minado Long Wall.....	128
Figura 58. Enablado lateral para mantener el canal de rastrillaje del método de minado Long Wall.....	129
Figura 59. Sostenimiento con Wood Crib de 2x2 m, método de minado Long Wall .....	129

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo evaluar económicamente la recuperación de pilares de mineral en la veta Cabana, nivel 3125 del sector Chilcas de minera aurífera Retamas S. A., durante el periodo diciembre 2019 a junio del 2020.

El desarrollo del presente trabajo de investigación es analítico, siendo la investigación de un alcance descriptivo-explicativo. La tesis es preexperimental, el cual observa los resultados de las variables operacionales y económicas del tonelaje producido de los diferentes tajeos y recuperación de pilares de mineral en la veta Cabana, nivel 3125 del sector Chilcas entre los periodos diciembre 2019 a junio del 2020. La recolección de datos fue mediante la revisión documentaria y el acopio de datos correspondientes a la unidad minera. Finalmente, se analiza el tonelaje producido mediante los diferentes métodos de minado (*Cut and Fill* y *Long Wall*) en tajeos y recuperación de pilares y realizar la evaluación económica del tonelaje producido, durante el periodo de estudio.

La producción diaria promedio de la unidad minera es de 1770 toneladas, con una ley media de 10.33 gramos de Au. Durante el periodo de estudio noviembre 2019 a junio del 2020, el total de mineral producido en tajeos en la veta Cabana, sector Chilcas, fue de 20,937.11 toneladas, con una ley promedio de 21.10 gramos. La altura de minado promedio en tajeos fue de 1.42 metros con una potencia promedio de 0.54 metros. El valor total de mineral producido en tajeos fue de 13,382,031.30 \$, considerando una dilución promedio del 52.50% y un valor unitario de 639.15 \$/t.

Durante el mismo periodo de estudio, el total de mineral producido en recuperación de pilares en la veta Cabana, sector Chilcas, fue de 3,159.37 toneladas, con una ley promedio de 18.09 gramos. Con una altura de minado promedio en recuperación de pilares de 1.55 metros y una potencia promedio de 0.44 metros. El valor total de mineral producido en recuperación de pilares fue de 1,509,427.31 \$, considerando una dilución promedio del 57.63% y un valor unitario de 477.76 \$/t.

El valor de mineral generado en la recuperación de pilares influye positivamente en la rentabilidad económica de la empresa, por los valores importantes de oro y el precio de mineral actual, lo que mejora el valor presente neto de la operación minera.

Palabras clave: Plan de minado, recuperación, dilución, producción, optimización, valor presente neto.

## ABSTRACT

The objective of this research work is to economically evaluate the recovery of mineral pillars in the Cabana vein, level 3125 of the Chilcas de Minería Aurífera Retamas S.A. sector, during the period from December 2019 to June 2020.

The development of this research work is analytical, being the research of a descriptive-explanatory scope. The thesis is pre-experimental, which observes the results of the operational and economic variables of the tonnage produced from the different pits and recovery of mineral pillars in the Cabana vein, level 3125 of the Chilcas sector between the periods December 2019 to June 2020. The data collection was through the documentary review and the collection of data corresponding to the Mining Unit. So that finally, the tonnage produced by the different mining methods (Cut and Fill and Long Wall) in pillars pits and recovery is analyzed and the economic evaluation of the tonnage produced during the study period is carried out.

The average daily production of the mining unit is 1770 tons, with an average grade of 10.33 grams of Au. During the study period November 2019 to June 2020, the total mineral produced in pits in the Cabana vein, Chilcas sector, was 20,937.11 tons, with an average grade of 21.10 grams. The average mining height in pits was 1.42 meters with an average power of 0.54 meters. The total value of ore produced in pits was 13,382,031.30 \$, considering an average dilution of 52.50% and a unit value of 639.15 \$/t.

During the same study period, the total mineral produced in the recovery of pillars in the Cabana vein, Chilcas sector, was 3,159.37 tons, with an average grade of 18.09 grams. With an average mining height in pillar recovery of 1.55 meters and an average power of 0.44 meters. The total value of mineral produced in the recovery of pillars was 1,509,427.31 \$, considering an average dilution of 57.63% and a unit value of 477.76 \$/t.

The value of mineral generated in the recovery of pillars positively influences the economic profitability of the company, due to the important gold values and the current mineral price, which improves the net present value of the mining operation.

Keywords: Mining plan, recovery, dilution, production, optimization, net present value.

## INTRODUCCIÓN

La evaluación económica en la recuperación de pilares de mineral en la explotación de vetas auríferas en la minería permite el incremento de la rentabilidad operacional de la empresa. El presente trabajo de investigación, permite tener un panorama más amplio del incremento del valor de mineral producto de la recuperación de mineral, en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A. Este incremento de la producción mejorará la productividad de la variable operacional de recuperación mediante la mayor producción de mineral a causa de la recuperación de los pilares de los diferentes tajeos explotados.

Las variables que mejoran la productividad en la explotación de los diferentes tajeos es mejorando la recuperación de mineral y controlando la dilución, por consiguiente, una menor producción de mineral y una dilución elevada generará el incremento de costos operacionales, por lo que es importante controlar estas variables. Esta mejor recuperación de mineral dependerá directamente del método de minado a utilizar, de las características geomecánicas de la estructura mineralizada y de las cajas correspondientes para estabilizar el área disturbada por el método de minado.

El presente trabajo, permite analizar la recuperación de mineral de los pilares de los diferentes tajeos explotados durante el periodo diciembre 2019 a junio del 2020, mediante los métodos de explotación *Cut and Fill* y *Long Wall*, para asociarlas al plan de producción de la veta Cabana.

El estudio en el Capítulo I plantea el tema, así como el problema, objetivo e hipótesis general y específicos, así como la matriz de operacionalización de variables.

Capítulo II, se describe el marco teórico, antecedentes nacionales e internacionales del problema, generalidades de la empresa, bases teóricas de la recuperación y dilución de los métodos de minado aplicados y las variables que involucran la recuperación de pilares.

Capítulo III, se describe la metodología de investigación, el método y alcance de la investigación, el diseño a desarrollar, así como el nivel de investigación, considerando el análisis e investigación de la población y muestra del estudio y finalmente el uso de la técnica de recolección y tratamiento de información.

Capítulo IV, se describe, analiza e interpreta los resultados en el trabajo de investigación, considerando la mejora de la recuperación de pilares de mineral en la veta Cabana y su implicancia en el valor presente neto de la operación minera, los cuales son presentados con los análisis e interpretación y discusión de los resultados.

El autor

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

#### **1.1.1. Planteamiento del problema**

Uno de los pilares de la economía de los países con una industria minera en crecimiento permite la estabilidad económica producto de los tributos generados. Esta estabilidad económica, está asociada al uso adecuado de la tecnología y a programas de optimización y reducción de costos que generan las empresas mineras para incrementar los ingresos en el fisco nacional.

Los programas de optimización y reducción de costos están asociados a las diferentes áreas unitarias en una operación minera. Dentro de las variables operacionales, la recuperación de mineral producto del adecuado uso del método de minado permitirá un mayor incremento de mineral y por lo tanto maximizar el valor presente neto del plan de minado. Y una menor recuperación de mineral, producirá un incremento de costos operacionales.

Actualmente, muchas operaciones vienen minando niveles profundos, por lo que generar programas de optimización y reducción de costos es de vital importancia.

El incremento de costos operacionales en la explotación de yacimientos en niveles profundos permite que las variables de recuperación de mineral y dilución sean controladas al detalle. La recuperación de mineral producto del método de minado es variable, siendo la recuperación de pilares un factor importante en el incremento de la producción y mejora de la productividad en el plan de minado programado.

Uno de los objetivos del plan de minado es cumplir con las metas de producción programadas, alimentando a la planta concentradora en su capacidad máxima y cumpliendo los niveles de venta de concentrados. Para esto se hace necesario cumplir con las recuperaciones de mineral programada. Por tal motivo, es importante trabajar con planes mineros de corto plazo realizando mejor detalle en las variables geológicas, geomecánicas, geometalúrgicas y económicas para maximizar el valor presente neto.

### **1.1.2. Formulación del problema**

#### **Problema general**

¿Cómo se puede mejorar la productividad mediante la recuperación de pilares de mineral en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.?

#### **Problemas específicos**

- a) ¿De qué manera influye la altura de minado en la dilución de mineral para la explotación de tajeos y recuperaciones de pilares en la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.?
- b) ¿De qué manera se puede mejorar el valor de mineral mediante la recuperación de pilares en la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Desarrollar una metodología que permita mejorar la productividad mediante la recuperación de pilares de mineral en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S.A.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- a) Evaluar la altura de minado y su influencia en la dilución de mineral para la explotación de tajeos y recuperaciones de pilares en la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.
  
- b) Evaluar la recuperación de pilares para mejorar el valor de mineral en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A

## **1.3. Justificación e importancia**

### **1.3.1. Justificación práctica**

El presente estudio generará grandes beneficios en el sector minería, sustentando inversiones en proyectos *greenfield* y *brownfield*, sustentando mejora en inversiones y calidad de vida en comunidades próximos a los proyectos mineros.

La mejora de la productividad en áreas unitarias del ciclo de minado es de vital importancia, siendo la variable recuperación de mineral dependiente del método de minado a seleccionar. Las variables a considerar son las geológicas, geomecánicas, geometalúrgicas y económicas serán la base del presente estudios, el cual analizará las diferentes variables operacionales asociado a la gestión operacional y económico.

### **1.3.2. Justificación académica**

El estudio permitirá asociar un modelo de establecer el incremento de la producción mediante la recuperación de pilares mediante el análisis de variables operacionales y económicas, mejorando la productividad de los procesos unitarios

del ciclo de minado, incrementando la rentabilidad económica mediante la mejora del valor presente neto.

Esta mejora del valor presente neto, estará asociado al cumplimiento del reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional, especificado en el DS N° - 024 – 2016. E.M. y su modificatoria D.S. N° 023-2017 EM.

### **1.3.3. Justificación económica**

La mejora del valor presente neto, mediante la mejora de la productividad de las variables operacionales del ciclo de minado, incrementará la producción mediante la recuperación de pilares, esto permitirá lograr mayor rentabilidad económica a la empresa, cumpliendo los diferentes planes estratégicos corporativos.

## **1.4. Hipótesis de la investigación**

### **1.4.1. Hipótesis general**

La recuperación de pilares de mineral influye positivamente en la mejora de la productividad en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

- a) La evaluación de la altura de minado en la explotación de tajeos y recuperación de pilares permitirá controlar eficientemente la dilución de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S.A.
  
- b) La evaluación de la recuperación de pilares influye positivamente en mejorar el valor de mineral en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.

## **1.5. Identificación de las variables**

### **1.5.1. Variable independiente**

Mejora de la productividad en la explotación de la veta Cabana.

## 1.5.2. Variables dependientes

Recuperación de pilares de mineral

## 1.5.3. Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 1. Tabla de variables**

Problemas	Objetivos	Hipótesis
Problema principal	Objetivo principal	Hipótesis principal
¿Cómo se puede mejorar la productividad mediante la recuperación de pilares de mineral en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.?	Desarrollar una metodología que permita mejorar la productividad mediante la recuperación de pilares de mineral en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.	La recuperación de pilares de mineral influye positivamente en la mejora de la productividad en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.
Problemas secundarios	Objetivos específicos	Hipótesis secundarias
1. ¿De qué manera influye la altura de minado en la dilución de mineral para la explotación de tajeos y recuperaciones de pilares en la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.?	1. Evaluar la altura de minado y su influencia en la dilución de mineral para la explotación de tajeos y recuperaciones de pilares en la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.	1. La evaluación de la altura de minado en la explotación de tajeos y recuperación de pilares permitirá controlar eficientemente la dilución de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.
2. ¿De qué manera se puede mejorar el valor de mineral mediante la recuperación de pilares en la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S.A.?	2. Evaluar la recuperación de pilares, para mejorar el valor de mineral en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.	3. La evaluación de la recuperación de pilares influye positivamente en mejorar el valor de mineral en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

##### **2.1.1. Antecedentes nacionales**

- Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional de San Agustín titulado "*Evaluar técnica y económicamente el proyecto de explotación subterránea de la veta Ángela, unidad operativa Inmaculada*". El cual tiene como objetivo general extraer racionalmente las reservas minerales existentes en la veta Ángela, nivel 4500 mediante la aplicación del método de explotación *Cut and Fill Stopping* con relleno en pasta y así obtener los mayores beneficios económicos, con la reducción de tiempos en el ciclo de minado, además de minimizar los problemas de inestabilidad del macizo rocoso de las zonas explotadas. La aplicación de relleno en pasta cumple una función estructural, restablece la estabilidad del macizo rocoso, por consiguiente: Según el método de explotación aplicado por *Cut and Fill Stopping* con relleno en pasta, permite la recuperación total y segura de pilares de mineral existentes en la mina. Permite la continuidad del minado a niveles inferiores. (1)
  
- Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo denominada "*Recuperación de pilares mediante el método de pilares artificiales en el tajo manto sur, nivel 8, mina magistral, SMRL Magistral de Huaraz SAC-2017*". El investigador tuvo como

objetivo principal determinar si la recuperación de los pilares del tajo Manto Sur del nivel 8 de la mina Magistral es factible mediante el método de recuperación con pilares artificiales. Para ello se ha hecho el análisis y estudio de la geometría de los pilares y el tajo, la calidad del macizo rocoso y el costo que implica considerar este método de recuperación. La geometría del tajo implica determinar la ineficiencia de algunos métodos y la dimensión de los pilares y las cámaras permiten determinar el factor de seguridad del tajo, para poder tener en consideración el método mencionado de recuperación de pilares. La geomecánica permite desarrollar las zonas de alto riesgo y la garantía de estabilidad al recuperar los pilares, así mismo también permite determinar el factor de seguridad del tajo, lo cual es una consideración importante para conocer la condición del tajo y el efecto frente a la aplicación del método de pilares artificiales. Y por último el costo que se genera al aplicar el método de recuperación de pilares con pilares artificiales, permitirá determinar si es rentable este método. Estos tres parámetros al final llevaran a la conclusión de la efectividad del método de recuperación de pilares con pilares artificiales. Siempre teniendo en cuenta la seguridad del personal y equipo minero. (2)

- Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional Del Altiplano "*Recuperación de puentes de mineral para incremento de la producción y ley de cabeza en compañía minera Kolpa S. A.*". El investigador tuvo como objetivo principal recuperar el puente de mineral del tajeo 795 para incrementar la producción y la ley de cabeza en compañía Minera Kolpa S. A. El problema principal es la baja ley de mineral y tonelaje cuyo objetivo es incrementar la ley de corte y tonelaje de mineral con trabajos de recuperación mediante criterios técnicos y económicos orientados a la selección del método óptimo para la explotación de los puentes de mineral en los tajeos, como una alternativa de solución al problema. El tipo de investigación es descriptivo, y aplicativo de enfoque cuantitativo debido a la recolección de datos de una sola vez. El diseño de investigación es experimental, debido a que se tiene las variables independientes, empleando la malla de perforación y diseños de

voladura en las distintas guardias, las pruebas que se realizó con perforación mediante el método UPER (perforación vertical con un Angulo de inclinación 75º) en la recuperación de puente donde los resultados dependerán mucho del comportamiento del terreno y estructura de la veta y el resultado final para la empresa Minera Kolpa, se logró el incremento de ley de cabeza de 133 US\$/TM a 165 US\$/TM y producción de 28 300 TM a 29 854 TM en periodo de dos meses, tiempo que permitió ejecutar los trabajos de desarrollo y preparación para los tajos remplazos en profundización que cuentan con reservas probadas y leyes de Cu 0,41 %, Pb 3,95 %, Zn 4,03 % y Ag 2,65 Oz, a un ritmo de producción diaria de 1200 t/d. (3)

- Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión denominada "*Proyecto de incremento de la producción de 1200 tmd a 2000 tmd mediante el método Sublevel open stoping y bench & fill en la U.E.A. Contonga S.A.*". El objetivo de la investigación es mejorar la productividad de la mina incrementando el tonelaje de producción de mineral diario de 1200 tmd a 2000 tmd, para lo cual se ha considerado la migración del método de explotación de corte y relleno al método *Sub Level Open Stoping y Bench & Fill*, puesto que es un método de explotación masivo y de bajo costo. Luego de haber descrito, explicado y contrastado las hipótesis planteadas hemos obtenido los resultados de la investigación el cual nos muestra que la migración al nuevo método de explotación de *SubLevel Open Stoping y Bench & Fill* nos brinda un incremento de producción de hasta 67% con respecto al método de explotación Corte y Relleno. Finalmente, se concluye que la migración al nuevo método de explotación de taladros largos significa un considerable aumento en cuanto a la producción, así mismo es importante que para poder implementar este método al 100% se debe realizar un estudio de rentabilidad de acuerdo a los parámetros que implican la implementación del método de taladros largos. (4)

### 2.1.2. Antecedentes internacionales

- Tesis para optar el título de Ingeniero Civil de Minas de la Universidad de Chile denominada " *Método de Explotación Cut & Fill y su aplicación en minera Michilla*". Tuvo como objetivo principal realizar una estimación de los costos asociados al método *Cut & Fill* en la forma del *opex*, para luego determinar su eficacia por medio de una comparación con el método actual *Bench & Fill post room and pillar*. Haciendo uso de la metodología Asarco para obtener los índices operacionales de los equipos, y tomando en cuenta los índices de costos operacionales de los equipos se obtiene el costo operacional de las distintas aéreas. Considerando el tiempo de trabajo necesario para cumplir las labores se estima el costo de mano de obra asociado. -Sumando los tres costos mencionados, y tomando en cuenta los metros de preparación necesarios para extraer el sector en estudio se obtiene el costo mina del método. De acuerdo a la metodología planteada, se estima el costo mina para el *Bench & Fill* sin tomar en cuenta los costos distribuibles de otros departamentos. Es así como se obtiene un costo mina de 34,3 \$/t asociados al método. Al tomar en cuenta el plan minero proporcionado, se obtiene un costo total de desarrollo para el sector de 18,46 [MUS\$], siendo comparable de manera favorable con el *Cut & Fill post room and pillar* (46,5 [\$/t] y 31,2 [\$] respectivamente). Es así como se concluye que el método de *Bench & Fill* resulta ser atractivo de acuerdo a los objetivos planteados, proporcionando menores costos que el actual *Cut & Fill* y a su vez mejorando la seguridad del personal presente en la mina. (5)
- Tesis para optar el título profesional de Ingeniero de Minas en Pontificia Universidad Católica de Rio de Janeiro titulada " *Diseño de recuperación de pilares puente en la mina Inmaculada*". La zonificación del yacimiento para una explotación eficiente, ordenada y rápida, exige establecer zonas de minado dentro de su estructura en distintos niveles de forma simultánea. Esta configuración del diseño genera "puentes pilares" entre las zonas de explotación que concentran tensiones a medida que el minado avanza. Por otro lado, en la necesidad de extraer el mayor porcentaje

del yacimiento en la explotación, (recuperación del recurso), el minado de los puentes pilares es una alternativa; y para esto, garantizar la estabilidad de las excavaciones expuestas a estas estructuras es clave para la seguridad de las operaciones. Distintos métodos fueron propuestos para determinar el grado de estabilidad de los pilares, cómo métodos empíricos y métodos analíticos con diferentes resultados. Sin embargo, la necesidad de entender el comportamiento mecánico del pilar es importante para definir la recuperación de estas estructuras, diseñando la secuencia de actividades de forma segura. Para este objetivo, el método de los Elementos Finitos (FEM) fue utilizado empleando el software RS3 de Rocscience. Los resultados de la simulación numérica entregan congruencia con el abordaje empírico y, representa una herramienta efectiva y confiable para el diseño de la recuperación de puentes pilares. (6)

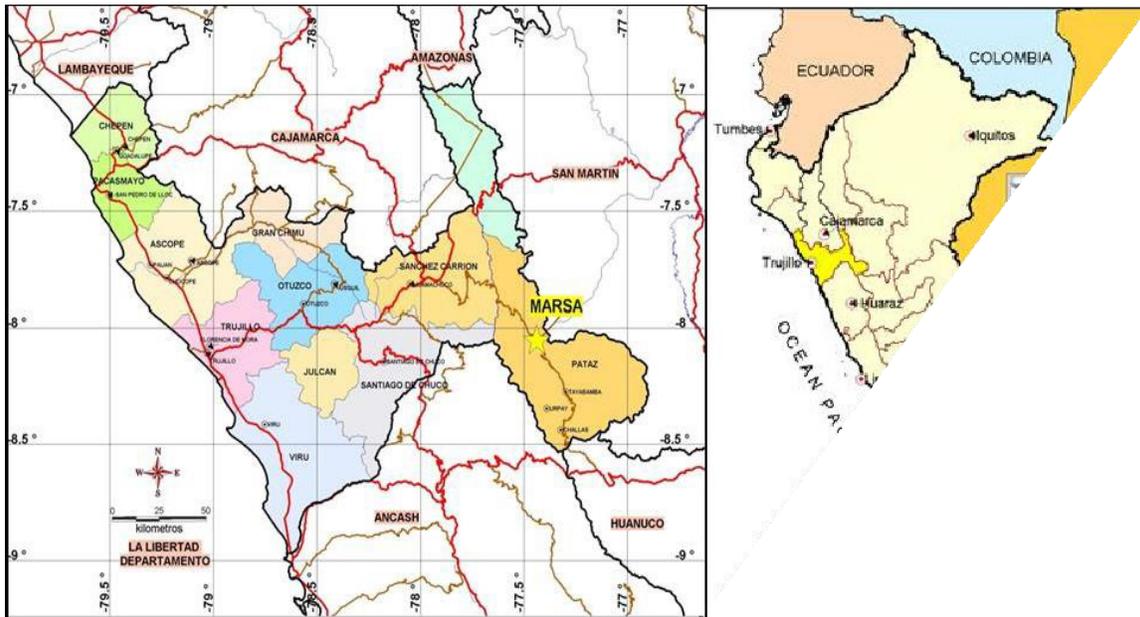
## **2.2. Generalidades de la minera aurífera Retamas**

### **2.2.1. Generalidades**

La empresa minera aurífera Retamas S. A. se dedica a la explotación, procesamiento y comercialización de minerales auríferos, ubicada en el batolito de Pataz que incluye al complejo Marañón compuesta principalmente por rocas meta volcánicas, esquistos, filitas y pizarras.

### **2.2.2. Ubicación**

La empresa minera está ubicada en el anexo de Llacuabamba, distrito de Parcoy, provincia de Pataz y departamento de La Libertad; asociada a la vertiente del flanco Oriental de la cuenca hidrográfica del Marañón, sector norte de la cordillera Central.



**Figura 1. Ubicación de la unidad de producción minera MARSA  
Tomado del Departamento de Geología mina MARSA**

### 2.2.3. Accesibilidad

El acceso se realiza de la siguiente forma:

**Tabla 2. Ruta geográfica**

Por carretera:

Ruta	Distancia
Desde Lima a Trujillo	562 km
Desde Trujillo a Chiran	34 km
Desde Chiran a Marsa	377 m

Por vía aérea:

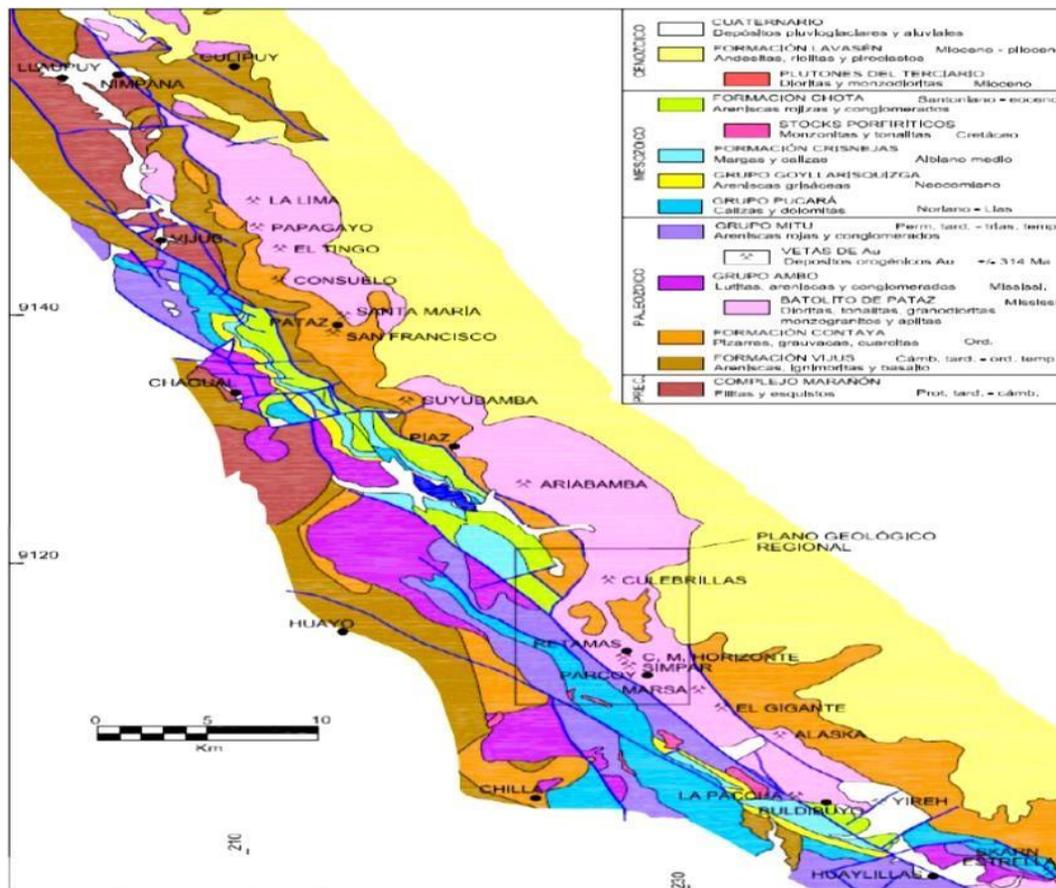
Ruta	Tiempo
Desde Lima a Pias	70 minutos
Desde Trujillo a Pias	45 minutos

## 2.3. Geología general

### 2.3.1. Geología regional

El yacimiento de Parcoy – Gigante Buldibuyo está asociada al Batolito de Pataz, compuesta por diferentes intrusivos, los que intruyen a rocas meta volcánicas del complejo Marañón, compuesta por filitas y pizarras, con una extensión de 50 km x 2.5 km.

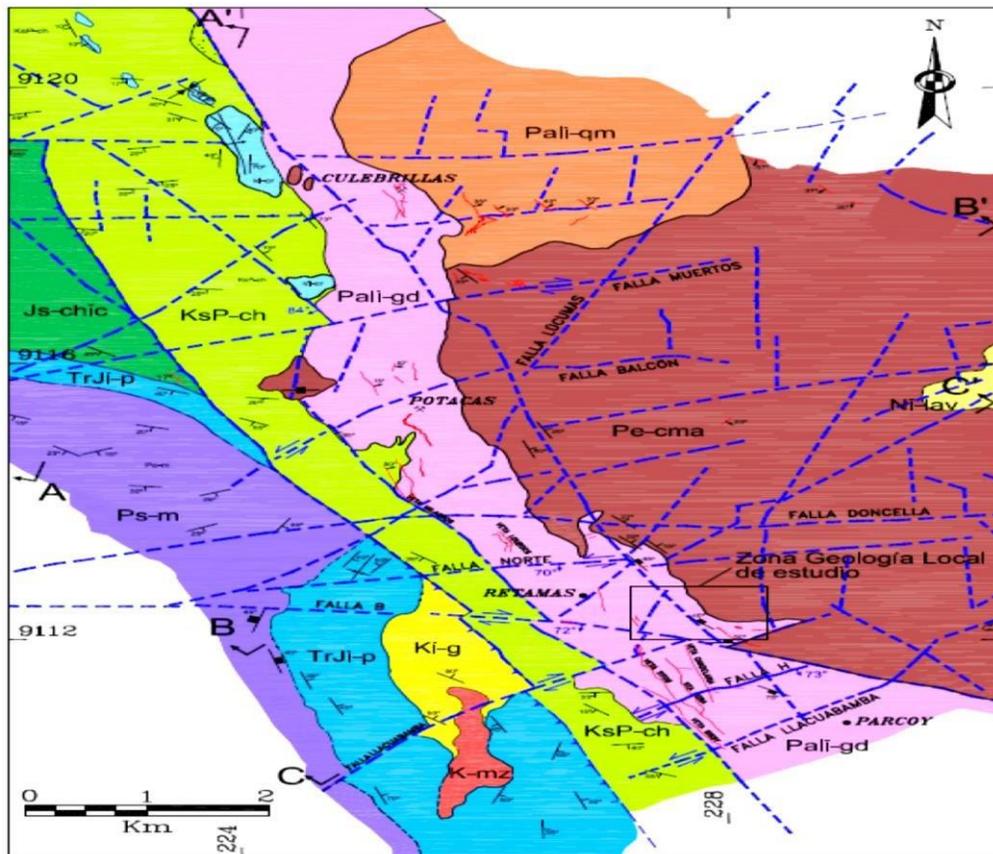
Las distintas fases magmáticas y tectónicas, que produjo una gran sutura tectónica en las rocas meta volcánicas del marañón, que sirvió como mecanismo de emplazamiento del Batolito de Pataz, generando un gran fracturamiento en el intrusivo los que permitieron la circulación de soluciones mineralizantes, formando vetas de rumbo NW a SE.



**Figura 2. Plano geológico regional**  
Tomado del Departamento de Geología mina MARSA

### 2.3.2. Geología local

Localmente, las estructuras mineralizadas se emplazan en el pórfido tonalítico asociado al Batolito de Pataz. Estas estructuras son poco expuestas, hay mucha cobertura cuaternaria a excepción de las vetas El Gigante y Esperanza que afloran en el cerro el Gigante. La extensión de la veta en la mina el Gigante está cubierta por cuaternarios y se extiende el intrusivo de Pataz de naturaleza félsica a máfica.



**Figura 3. Plano geológico local**  
**Tomado del Departamento de Geología mina MARSA**

### 2.3.3. Geología estructural

Durante los últimos 300 millones de años se afectó el Batolito de Pataz por diversos eventos tectónicos, los que son el resultado de diversos procesos orogénicos y magmáticos, ocurridos durante el Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico. Los diferentes eventos tectónicos y alzamientos, generaron fallas preminerales y postminerales.

El sistema premineral asocia que gran parte de las estructuras mineralizadas son generadas por esfuerzos tectónicos y otras formados en condiciones de contracción por enfriamiento. El sistema postmineral posee estructuras con rumbos E – W, con un ángulo de buzamiento alto alcanzando decenas a centenas de metros.

Se presentan fallas longitudinales con características sub paralelas a las vetas mineralizadas en rumbo y buzamiento, los que serían fallas de reactivación que permitieron el enriquecimiento de las vetas. Los rasgos estructurales más saltantes que se presentan dentro de la zona de estudio son:

#### **a) Fallas longitudinales NW-SE**

Son fallas postmineralización con características de rumbo sub paralelo y/o paralelo a las estructuras mineralizadas, los que generaron ensanchamientos, acuñamientos y discontinuidad local, gran parte de las estructuras son Normal - Dextral (NW-2), fallas Inversa –Dextral (Sistema Chilcas), y desplazamiento desde pocos centímetros a varias decenas de metros.

Este grupo de fallas: sistema Chilcas, Cabana, los Loros y NW-2 delimitan el corredor G, todas estas fallas buzan al SW con ángulos que varían de 60°-75°.

Existe la probabilidad que estas fallas se han reactivado posteriormente a la mineralización por lo que han generado fracturamientos y/o fallamientos locales en las cajas de las vetas, debido a esto la caja techo se desmorona con facilidad.

#### **b) Sistema E-W**

Son sistemas de rumbo E-W y con un alto buzamiento N o S, las principales estructuras son: Cabana, San Vicente, Las torres y Ventanas con desplazamiento en la vertical hasta 100 m. y desplazamiento en la horizontal hasta 300 m. donde el bloque Norte es el que se hunde.

Generalmente limitan o desplazan a las anteriores, también podemos decir que estas fallas transversales dividen al intrusivo (Batolito de Pataz) en bloques y por ende los diversos basculamientos, lo cual evidencia la variabilidad de buzamientos de las vetas en diferentes bloques. Muchas de estas fallas son preminerales al sistema de vetas NW – SE, con reactivaciones postmineral.

#### **c) Fallas transversales NE-SW**

Son fallas que tienen buzamiento alto al SE (falla Patrick) de movimiento Normal Dextral, las vetas en general han sido afectadas por este tipo de fallamiento.

#### **d) Fallas transversales N-S**

Son fallas con buzamiento alto al W (los Loros), este tipo de fallas se presentan muchas veces agrupadas en bloque (fallamientos gravitacionales) controlando a la Falla Patrick, Cabana, NW-2 y entre otras de menor importancia.

### **2.4. Aspectos del minado**

#### **2.4.1. Estructura de la mina**

La unidad productiva San Andrés – MARSÁ, ha sido dividida en las siguientes zonas: Chilcas (alto y bajo), Inclínados, Valeria I, Valeria II y Valeria III, delimitadas por los diferentes niveles en interior mina que van desde el Nivel 3410 al 2320.

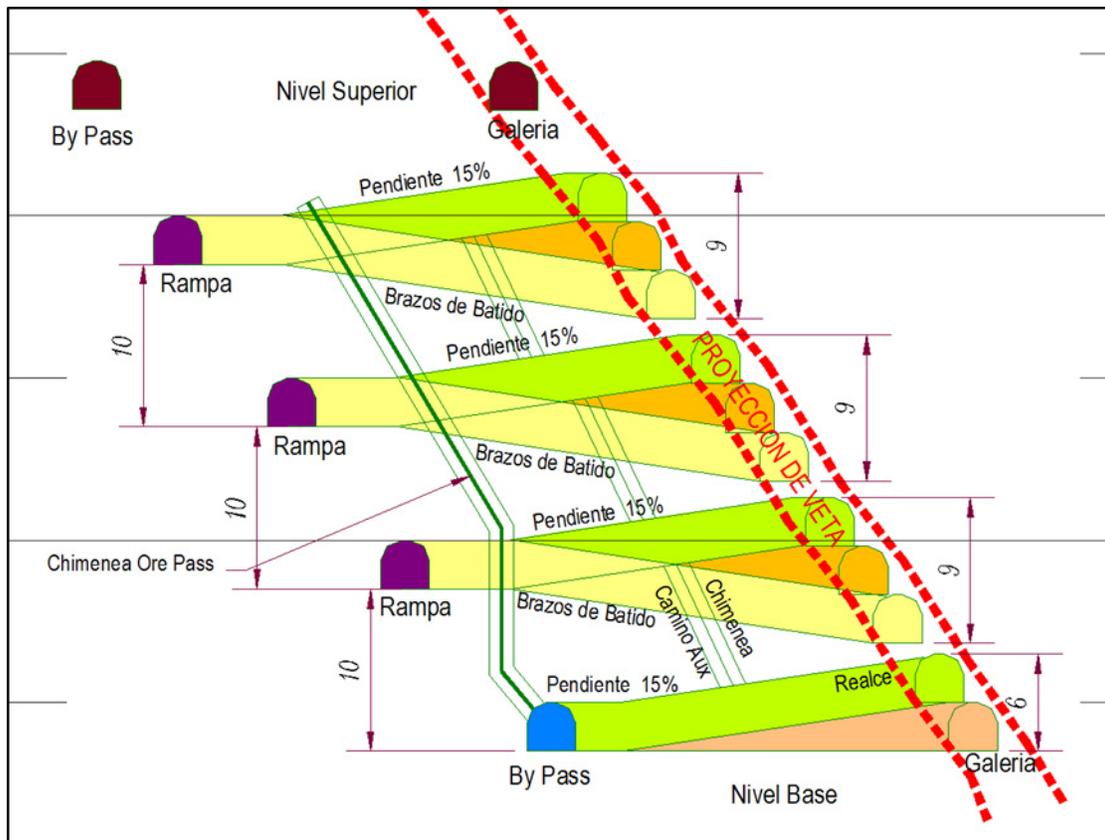
#### **2.4.2. Método de minado**

De acuerdo a las características geológicas (potencia, buzamiento, leyes, etc, las características geomecánicas (propiedades del macizo rocoso, etc) y económicas (NSR, costos operacionales, etc) se clasificaron los métodos de minado como: el método de explotación por Corte y Relleno ascendente (Convencional y semimecanizado); explotación cámaras y pilares semimecanizado; explotación longwall.

##### **a) Método por corte y relleno ascendente semi mecanizado**

Consiste en minar los blocks de mineral delimitados por los diferentes niveles, desde el nivel inferior, para ello se prepara un crucero de acceso en el nivel base

para la extracción e inicio de la rampa, ya sea (+) o (-), con una sección mínima de 2.40 m X 2.70 m. Se construye el echadero de mineral en roca estéril alejado del filo de la rampa al menos 8 m. El *by pass* de extracción debe estar alejado de la galería de desarrollo a una distancia considerable, de tal manera, que no se involucre la estabilidad del *by pass* por el minado de la veta. La rampa de ingreso debe estar al piso de la veta y tendrá una pendiente máxima de 15 %. De acuerdo al diseño de ventilación, los tajeos deben contar con al menos una chimenea de ventilación la cual estará ubicada dentro del tajeo o a un extremo de la rampa la cual se comunicará con estocadas desde la rampa. Las ventanas de acceso a los tajos tendrán inicialmente la misma sección de la Rampa y deben ser proyectadas como máximo con una pendiente de 15 % negativas. Y una vez estas suban con la explotación se realizará el “batido” hasta una pendiente máxima de 15 % positivo. La distancia de estos brazos será variable a la inclinación de la veta, pero mínimo debe de servir para 3 cortes. Se realizará solo 1 ventana por vuelta en caso la longitud a minar sea menor a 50 m rumbo. De existir, factibilidad de desmonte en el nivel superior se construirá una chimenea Echadero de Desmonte el cual servirá para rellenar los cortes del tajo. Esta se ubicará a una distancia mínima de 10 m alejado del filo de la Rampa y a un costado del tope.

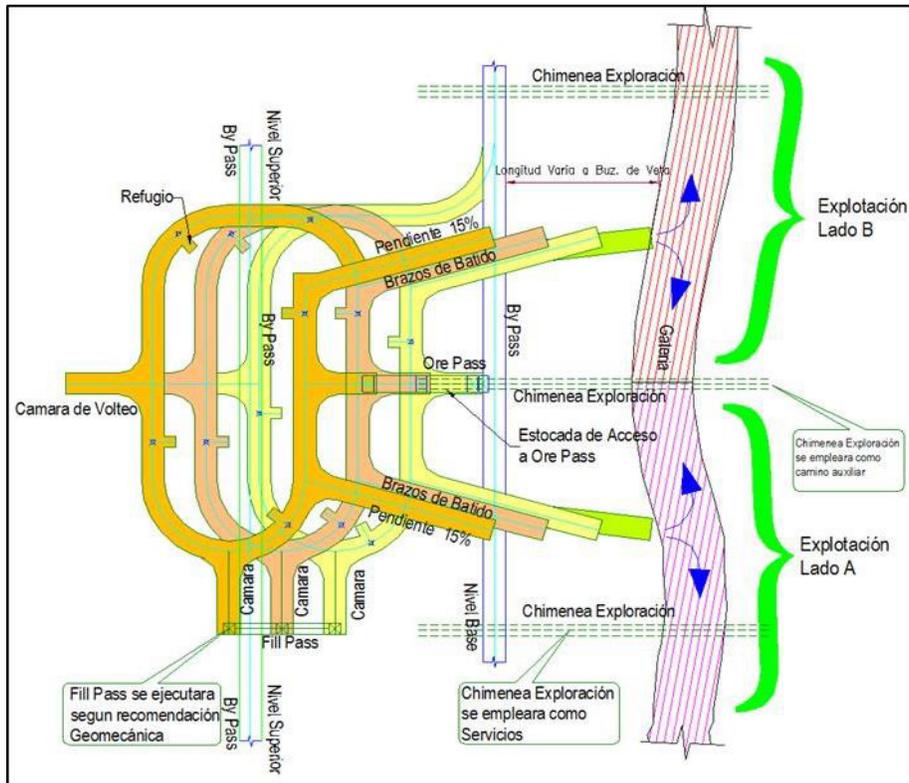


**Figura 4. Diseño de rampa, vista en sección  
Tomado del Departamento de Geología mina MARSÁ**

El proceso de minado se puede describir de la siguiente manera:

- El avance de la explotación será desde la ventana hacia ambos lados en rumbo manteniendo las coronas a un mismo nivel.
- El avance será en *Breasting* o cámara con arranque en caso no haya cara libre.
- El equipo de limpieza será *Scoop* eléctrico o diesel de acuerdo a la capacidad del sistema de ventilación.
- El sostenimiento será de acuerdo a la recomendación geomecánica.
- Proceder a rellenar con detrítico y/o hidráulico, culminado el corte.
- Iniciar cada corte una vez rellenado el piso inmediato inferior.
- Realzar las ventanas de acceso “batido”, para iniciar un corte nuevo.

- Los echaderos de mineral y desmonte subirán con las ventanas de explotación para minimizar el tiempo de acarreo, y serán taponeadas desde el filo de la Rampa en los accesos inferiores.



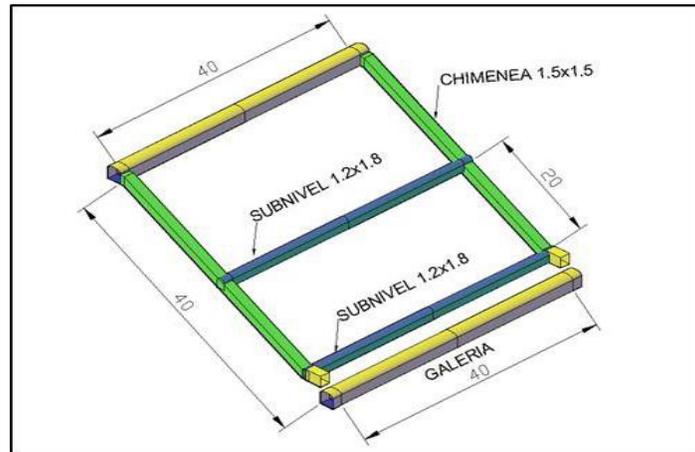
**Figura 5. Diseño de rampa, vista en sección**  
**Tomado del Departamento de Geología mina MARSA**

### b) Método por corte y relleno ascendente convencional

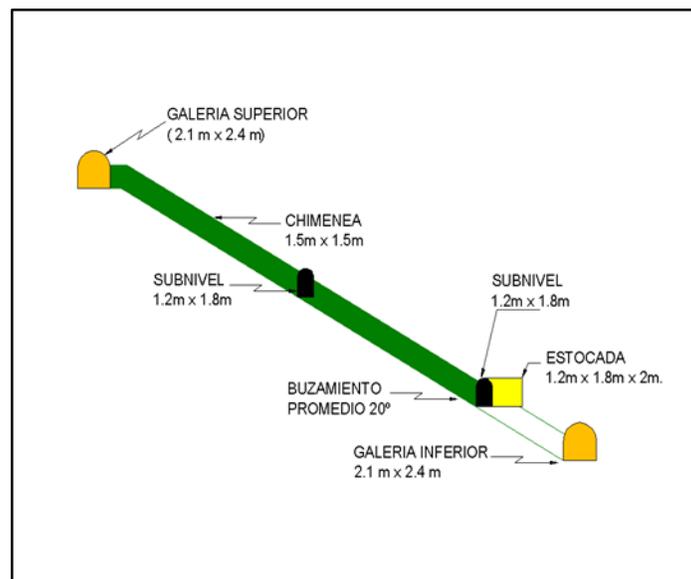
Al igual que el sistema mecanizado la explotación del mineral se da desde un nivel inferior a otro superior; sin embargo, en este caso, se debe contar con una galería de acceso y vías para el transporte del mineral. Echaderos de mineral de 1.50 m x 1.50 m y cuando se requiera echaderos de 2.40 m de ancho x 1.50 m de altura (buzón-camino, doble compartimiento). Cámara para el winche, ubicada en la caja techo o en una estocada al lado de la chimenea echadero y a la altura del subnivel base. Cuando se tengan vetas con buzamiento menores a 45°, realizar un sub nivel intermedio. El puente entre la galería y subnivel base será de acuerdo a evaluación geomecánica. Los paneles o *blocks* a explotar serán de 40 m x 40 m

para vetas sub horizontales y de 40 m x 60 m en vetas con un buzamiento mayor a 45°, ver. El ciclo operativo se dará de la siguiente manera:

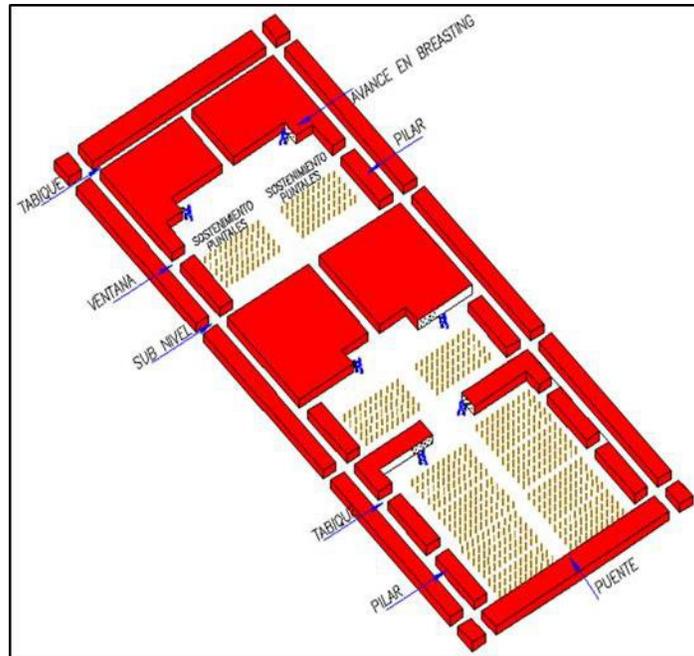
El avance será ascendente en dirección del buzamiento de la veta, para vetas regulares.



**Figura 6. Vista Isométrica, corte y relleno ascendente convencional Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**



**Figura 7. Vista transversal Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**



**Figura 8. Método de explotación corte y relleno ascendente convencional Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

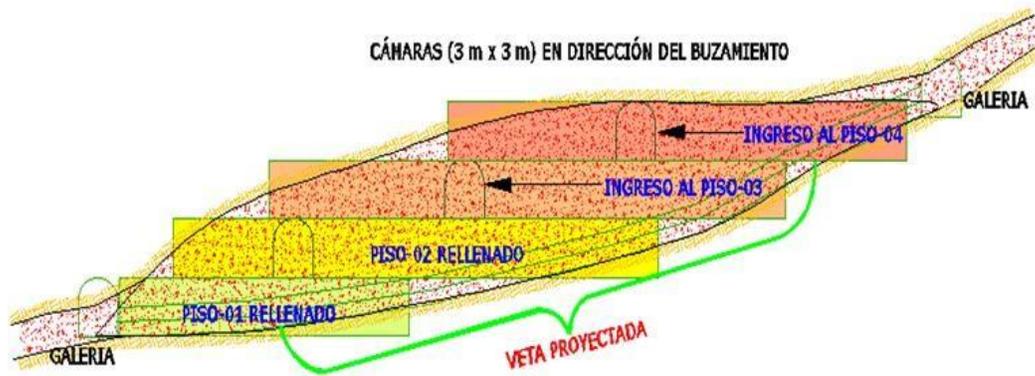
- El avance será en *breasting* en dirección del rumbo de la veta, iniciándose los cortes de dos maneras: a partir de la cámara (chimenea) intermedia para vetas sub horizontales muy irregulares o tipo rosario. A partir de la chimenea *Ore Pass* para vetas regulares y semi verticales.
- Equipo de limpieza: winches de 15 HP y rastras de 1.07 m de ancho.
- En el canal de rastrillaje se realizará sostenimiento con puntales y/o cuadros espaciados entre sí con una luz de poste a poste o puntal a puntal mínimo de 1.40 m y de cuadro a cuadro o fila de poste a poste de acuerdo a evaluación geomecánica
- Dejar pilares laterales a la chimenea con dimensiones 3 m x 3 m como mínimo y máximo de acuerdo a recomendación geomecánica.

- En caso se realicen más de 1 corte y la veta sea sub vertical se procederá a sostener con sobre cuadros.
- Abrir ventanas hacia la chimenea de extracción cada vez que se vaya a cambiar el canal de rastrillaje, el piso del subnivel coincidirá con la corona del último corte realizado.
- Rellenar el tajo cuando el área explotada haya alcanzado 4 cortes como máximo o antes por evaluación geomecánica.

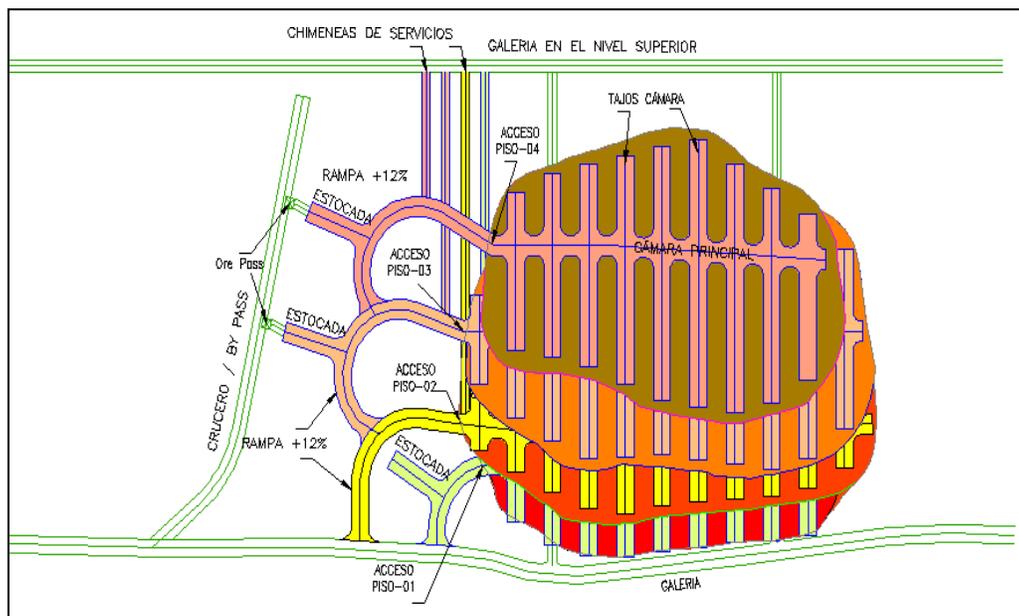
### **c) Método de explotación semimecanizado por cámaras y pilares**

La explotación mediante este método consiste en la ejecución de una cámara principal del cual partirán perpendicularmente tajos cámaras dejando pilares intermedios, los cuales serán posteriormente explotados una vez rellenas las cámaras anteriores. La Rampa de acceso al tajo tendrá una sección de 3 m x 3 m y una gradiente no mayor a 15 %, la cual siempre será construida sobre desmonte para no afectar la explotación de la misma. La cámara principal de acceso y vías para el transporte del mineral con sección 3 m x 3 m, la cual deberá tener conexión a algún echadero previamente construido. Desarrollado en dirección del rumbo de la veta. Los tajos cámaras serán perpendiculares a la cámara principal y tendrán una sección 3 m x 3 m con una gradiente de +6%; desarrollado en dirección del buzamiento de la veta, dejando pilares intermedios. Los echaderos deberán tener una sección de 1.50 m x 1.50 m.

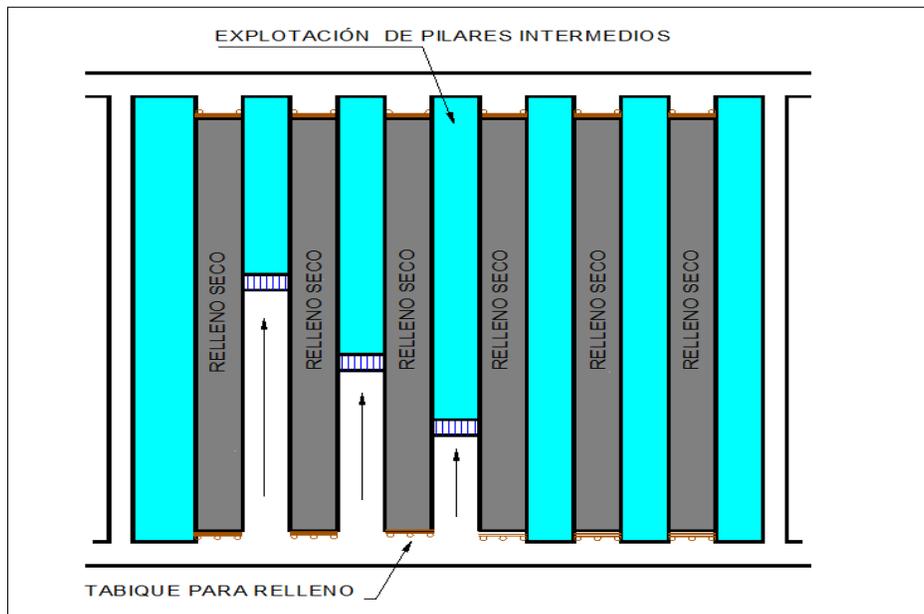
Las chimeneas de ventilación y de servicios serán de 1.50 m de ancho x 1.50 m de altura, hasta el nivel superior. La explotación de los pilares intermedios se iniciará cuando el relleno está percolado (seco). Una vez explotado los pilares intermedios del tajo, rellenar completamente para iniciar el siguiente corte en el piso superior



**Figura 9. Cámaras en dirección al buzamiento**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**



**Figura 10. Cámaras en dirección al buzamiento**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**



**Figura 11. Explotación de los pilares intermedios**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

#### **d) Método de explotación Longwall**

El método de paredes largas (long Wall) consiste en una extracción continua de mineral. Para la preparación del block, se debe desarrollar la galería con secciones de 2.40 metros de ancho x 2.70 metros de alto, sellar chimeneas sobre veta de sección 2.40 m x 1.50 m, cada 40 m. Se dimensionan los blocks en 38.5 m x 20 m.

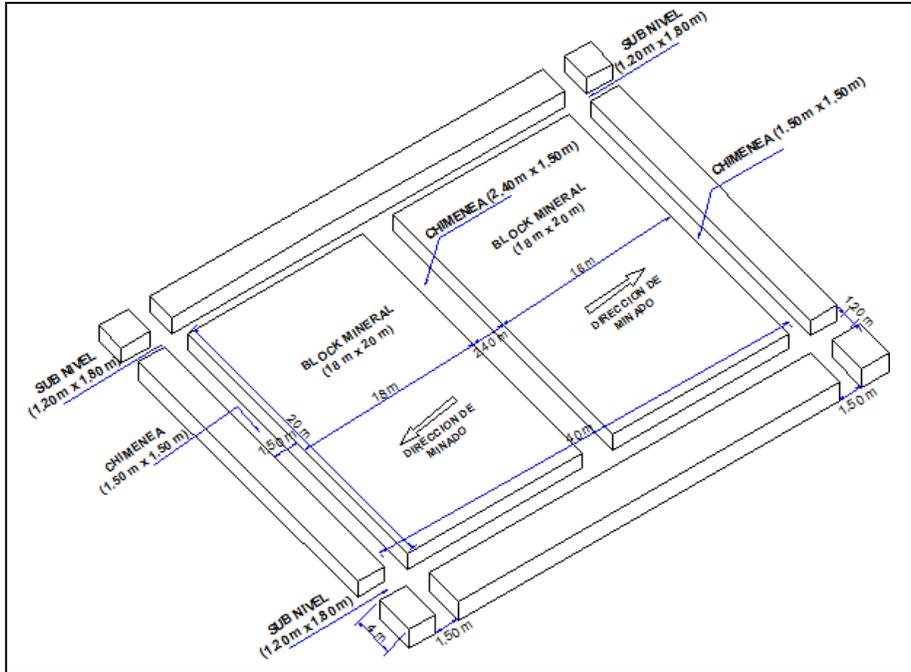
Se desarrollan el by pass con secciones de 2.40 x 2.70 metros, paralelo a la galería y direccionado con el subnivel superior para comunicar a dos labores. Se desarrollan sub niveles de sección de 1.20 x 1.80 metros, el primer subnivel base sobre y paralelo a la galería, con un puente de 4 m en dirección de la veta y el segundo sub nivel después de 20 m. A partir del By pass se desarrollan las chimeneas de sección 1.50 m de ancho x 1.50 m de alto, hacia el sub nivel intermedio del Block, con buzamiento no menor a 40°. El proceso productivo puede ser descrito de la siguiente manera:

Explotación en roca buena RMR (60 a 80):

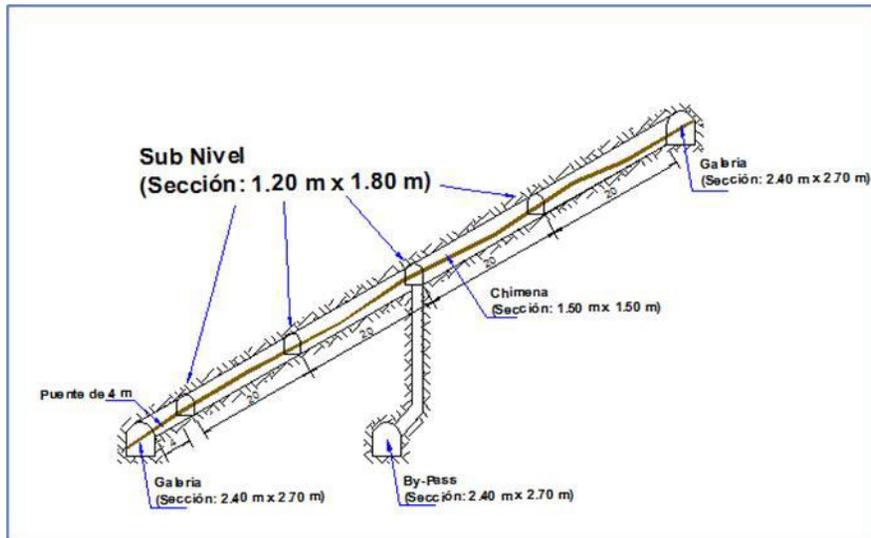
- Del subnivel base se genera la cara libre (tipo chimenea) en dirección del buzamiento con sección 2.40 x 1.50 metros, dividiendo el block en dos partes y a partir de éste iniciar la rotura en dirección del rumbo y con salida hacia el subnivel.
- El avance será en dirección del rumbo de la veta, con taladros mínimos de avance de 1.80 m. La limpieza será con winches de 15 HP, y rastras de 1 m como mínimo.
- Sostenimiento, con puntales de madera de 178 mm Ø con cabezal *Jack pot* (platos pretensados) para darle velocidad al minado. La distancia entre los puntales será de 1.50 m x 1.50 m de eje a eje alineados para permitir la limpieza con el rastrillo.
- Cuando se observa deformación en puntales cercanos, instalar *Wood Cribing* (anillos de madera).
- Cuando la presión de la caja techo supera la capacidad de soporte de los puntales se procederá a rellenar.
- Dejar pilares laterales de 3 m de ancho x 20 m de largo, paralelo a las chimeneas. En el último corte de explotación se dejará vacío para la instalación de los drenajes de relleno hidráulico.
- Finalizada la explotación del block se procederá a rellenar.

Explotación en roca de regular a muy mala (RMR 0 – 60)

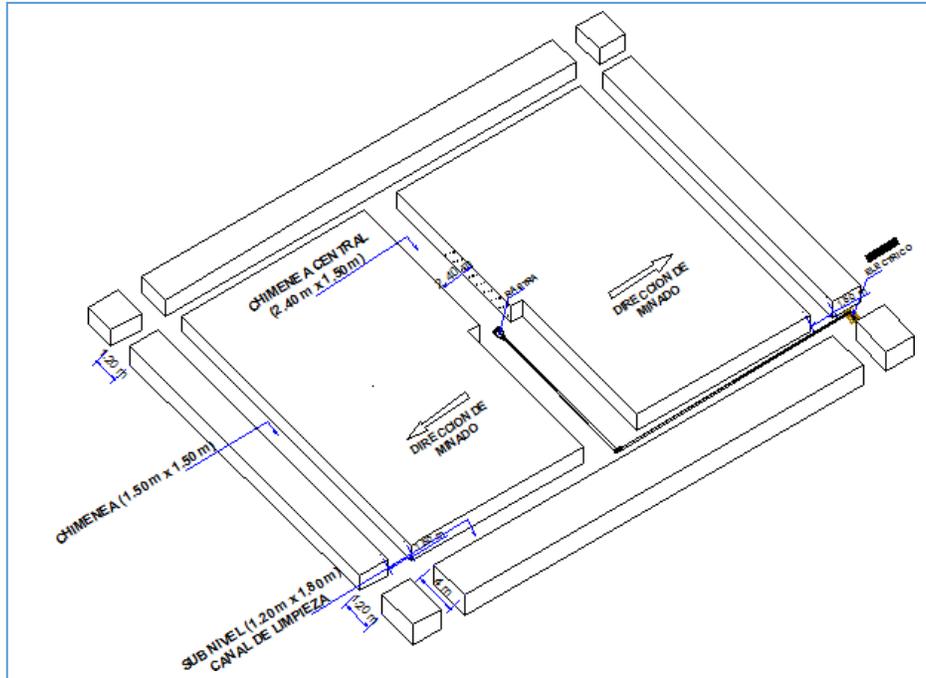
- Del subnivel base se genera la cara libre (tipo chimenea) en dirección del buzamiento con sección 2.40 x 1.50 metros, dividiendo el block en dos partes y a partir de éste, empezar la rotura en dirección del rumbo y con salida hacia el subnivel, los cuadros se instalarán en la misma dirección espaciados a 1.50 m.
- El avance será en dirección del rumbo de la veta, con taladros mínimos de avance de 1.80 m. La limpieza será con winches de 15 HP y rastras de 1 m como mínimo.
- En el primer corte se instalará cuadros de partida en forma invertida, los sombreros serán de 2 m como mínimo para poder colocar el guarda cabeza de 3 m x 150 mm de diámetro y colocar el segundo cuadro pegado al hastial. El espaciamiento debe ser de 1.20 m.
- Cuando la presión de la caja techo supera la capacidad de soporte de los cuadros se procederá a rellenar.
- Dejar pilares laterales de 4 m de ancho por 20 m de largo, paralelo a las chimeneas. En el último corte de explotación se dejará vacío para la instalación de los drenajes de relleno hidráulico.
- Finalizada la explotación del block se procederá a rellenar.



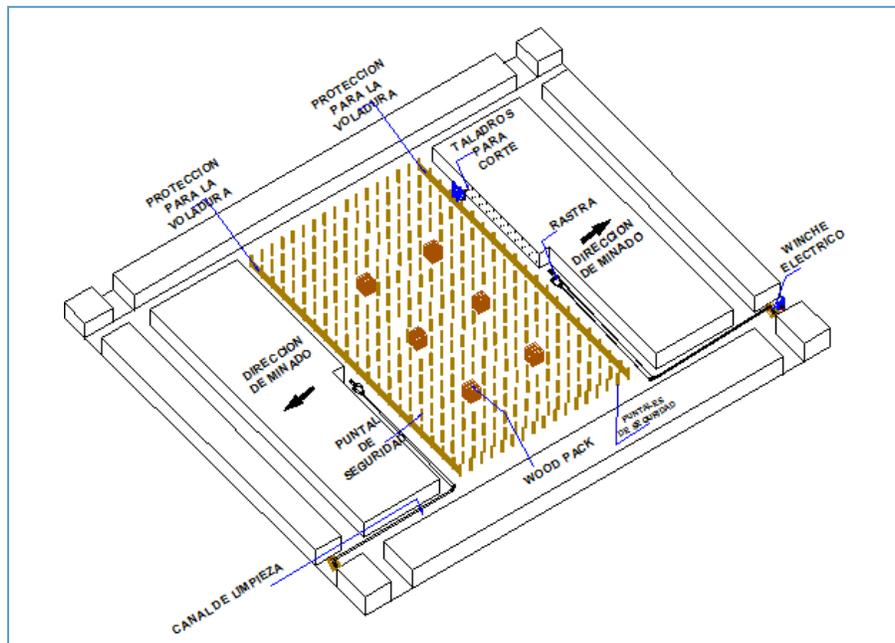
**Figura 12. Preparación block de explotación, vista en isométrico**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**



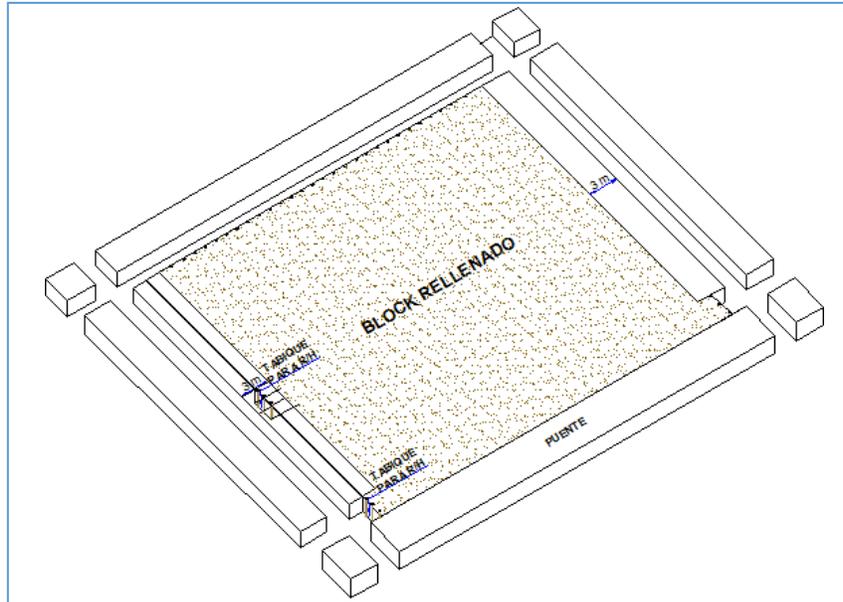
**Figura 13. Preparación block de 38.50 m x 20.0 m**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**



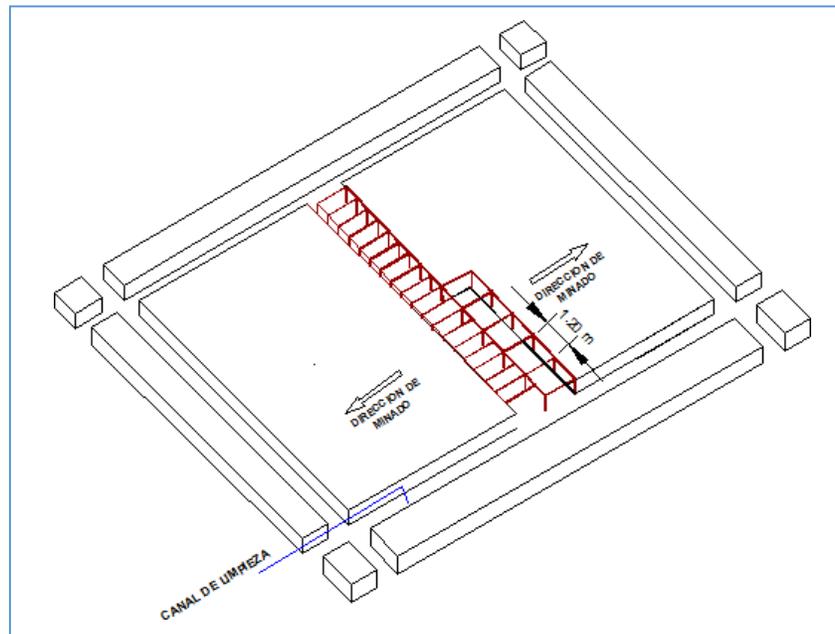
**Figura 14. Preparación de chimenea central de sección 2.40 m x 1.50 m  
Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**



**Figura 15. Vista del método de explotación Long Wall, con puntales  
Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**



**Figura 16. vista de block relleno**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

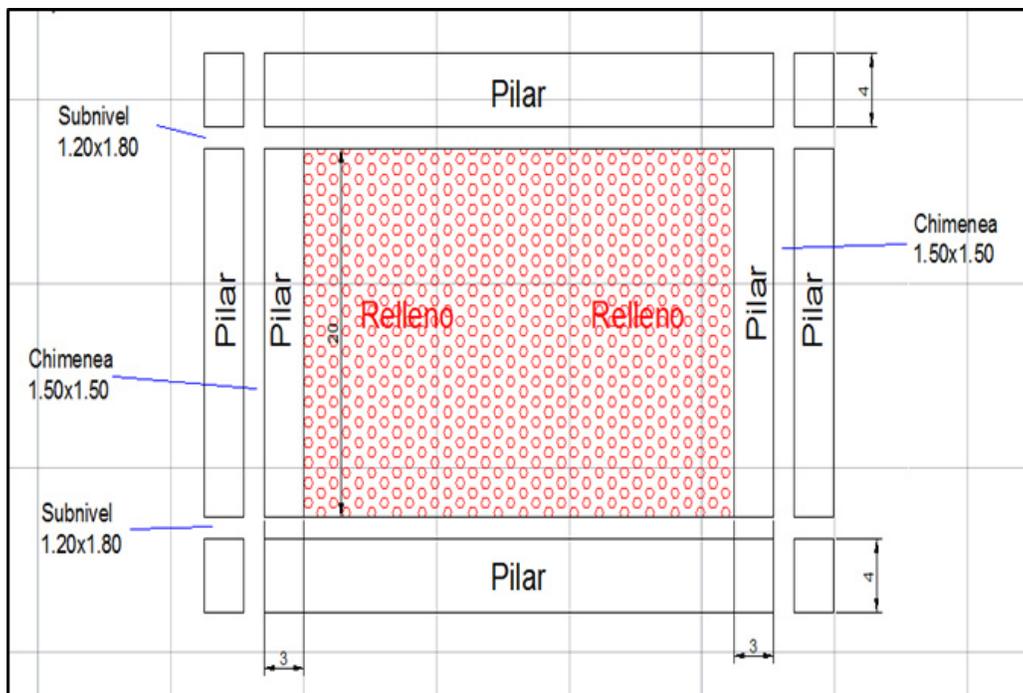


**Figura 17. Long Wall con cuadros de madera**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

## 2.5. Bases teóricas del estudio

Para optimizar la recuperación de pilares en las distintas zonas de la mina, se planteó implementar un método de minado mediante la perforación en breasting de taladros cortos.

Este método de minado subterráneo de recuperación de pilares y rellenos antiguos se realiza mediante la perforación en *breasting* con longitud de taladros que varían de 4-6 pies en dirección perpendicular a la estructura.



**Figura 18. Long Wall con cuadros de madera**  
Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA

## 2.6. Estudio geomecánico

### 2.6.1. Caracterización de la masa rocosa

Para la caracterización geomecánica del macizo rocoso se ha realizado el levantamiento geomecánico en los diferentes afloramientos rocosos expuestos en las diferentes excavaciones mina interior.

#### a) Registro de datos:

El registro de la información geomecánica se efectuó a partir del mapeo geomecánico de la masa rocosa expuesta en las labores subterráneas. El mapeo geomecánico se llevó a cabo utilizando el "método directo por celdas de detalle".

**b) Aspectos litológicos:**

En el área de estudio, las vetas están emplazadas principalmente en el intrusivo del batolito de Pataz, siendo principalmente tonalitas de carácter porfirítico a tonalitas simples o microdioritas, consideradas como un control litológico favorable para la mineralización con menor presencia de rocas ácidas como cuarzo monzonitas y granitos.

Las rocas han sufrido distintos efectos de alteración hidrotermal y supérgena, los que afectaron las características del macizo rocoso variando los niveles de estabilidad física y mecánica, durante la explotación de las estructuras mineralizadas.

**c) Distribución de las discontinuidades:**

Se procesaron los datos de las discontinuidades mediante técnicas estereográficas, usando los programas DIPS y E. Hoek del grupo de Ingeniería de Rocas del departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Toronto (Canadá).

Asimismo, se realizó una interpretación de los datos estructurales de los mapeos realizados en los afloramientos y de las labores mineras, compilados en los mapeos geomecánicos y compilados en el Sistema Integrado de MARSA, SIM.

Además, se presenta un resumen de los resultados relacionados a estructuras mayores y menores, realizando el análisis estadístico. Se debe mencionar que se realizó el análisis a los dominios estructurales menores asociados a las vetas como: veta aa, bb, cabana, cachaco, daniela, esperanza, shakira y valeria.

**Tabla 3. Sistema de discontinuidades estructuras menores (sistema de diaclasas). Dirección de buzamiento / buzamiento**

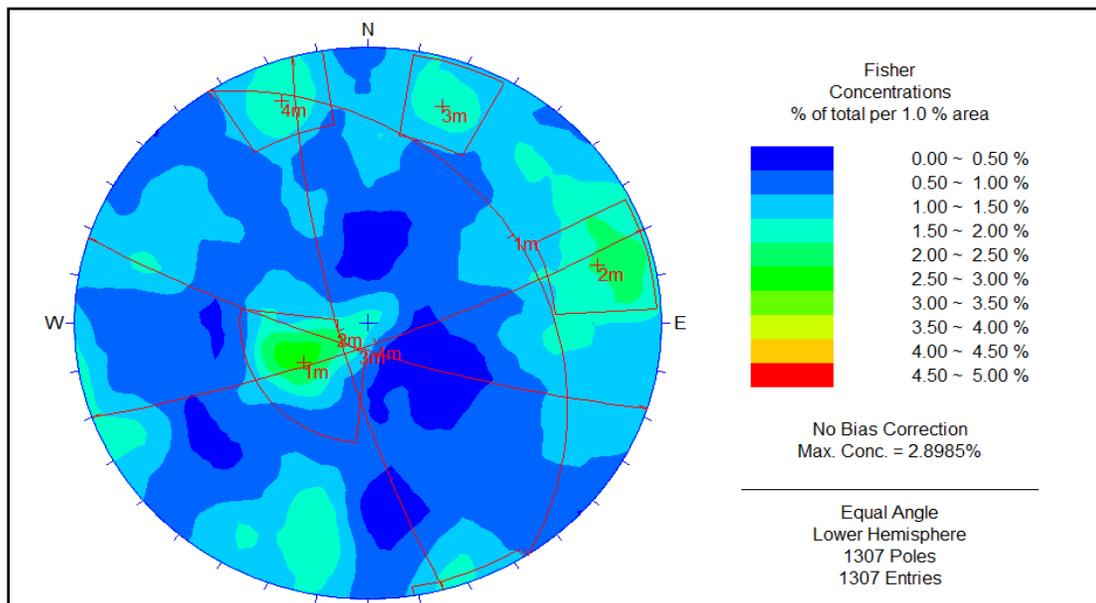
Dominio Estructural	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3	Sistema 4
Veta AA	157/76	260/69	22/80	
Veta BB	278/71	239/60	43/85	239/69
Veta Cabana	160/81	255/78	198/79	57/29
Veta Cachaco	265/81	245/64	201/74	235/25
Veta Daniela	156/86	242/61	68/18	207/68
Veta Esperanza	74/83	257/57		
Veta Shakira	28/53	209/82	102/16	
Veta Valeria	152/79	242/86	87/6	
Compósito	156/78	257/77	71/16	203/73

**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

**Tabla 4. Sistema de discontinuidades estructuras mayores compósito de fallas (Ver anexo III-B)**

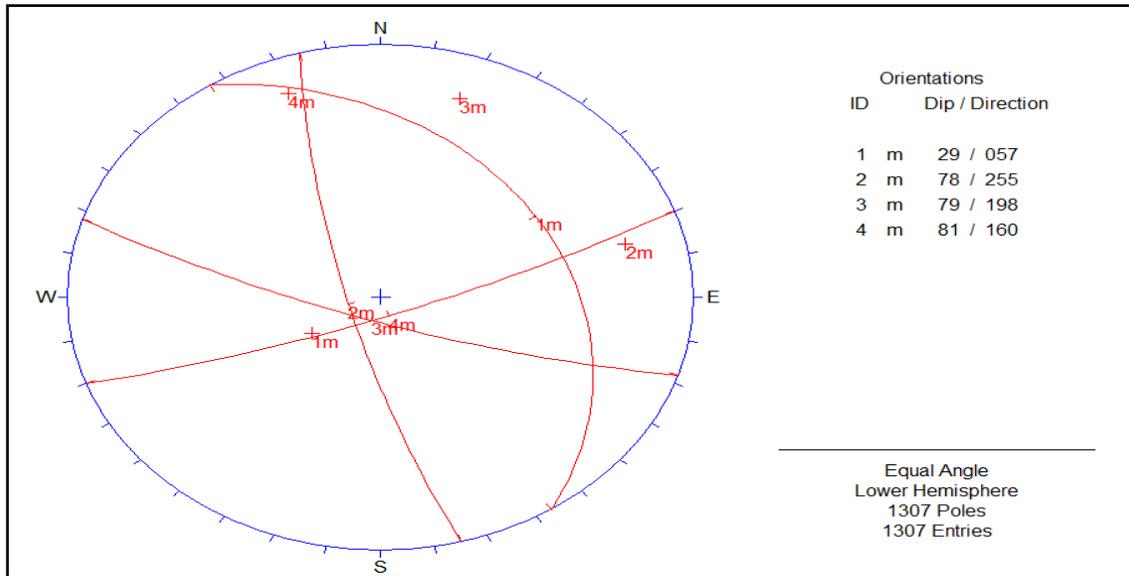
Description	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
Dirección de Buz/Buz	71/23	248/79	113/73
Rumbo / Buzamiento	N19°W / 23°NE	N22°W / 79° SW	N23°E / 73°SE

**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

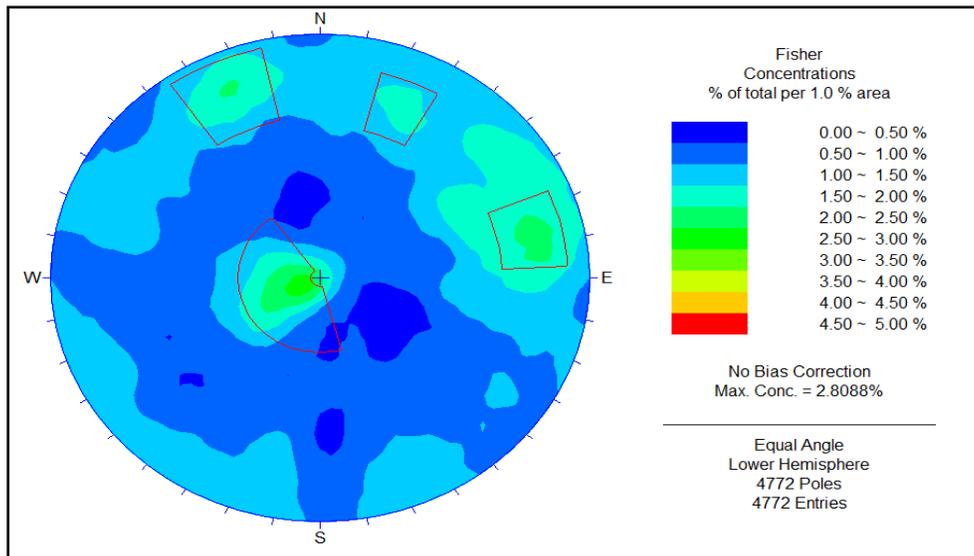


**Figura 19. Contorneo estadístico de la concentración de polos del compósito de estructuras menores asociadas al dominio estructural veta Cabana (1.5 % del área de la superficie del hemisferio)**

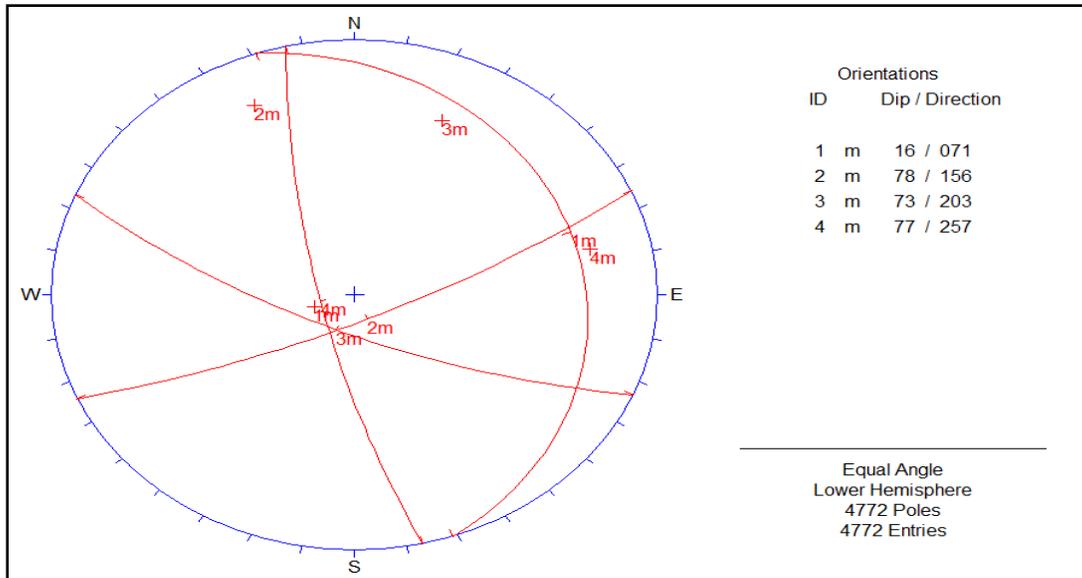
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**



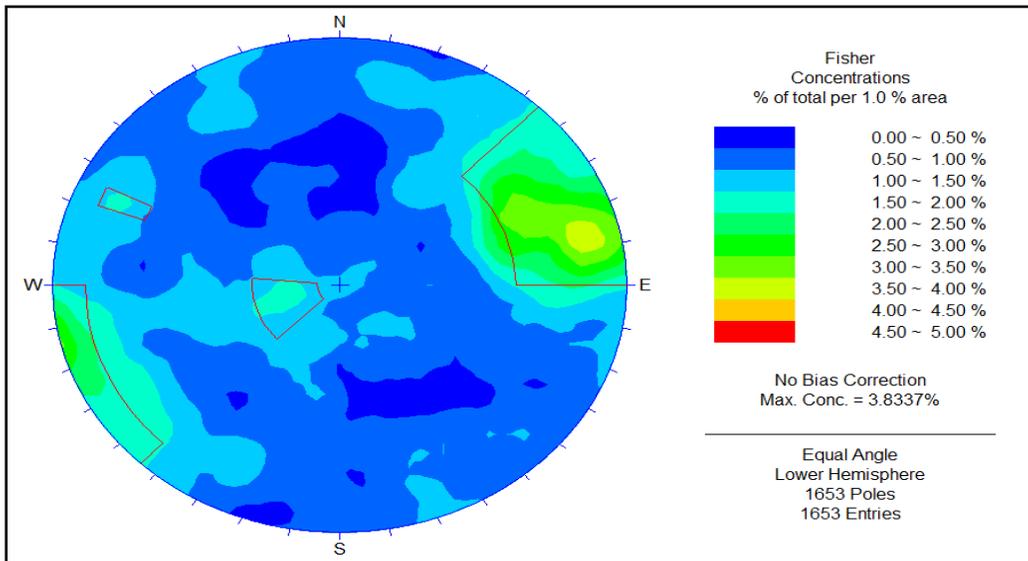
**Figura 20. Representación de los planos principales del compuesto de estructuras menores, asociados al dominio estructural de la veta Cabana Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSÁ**



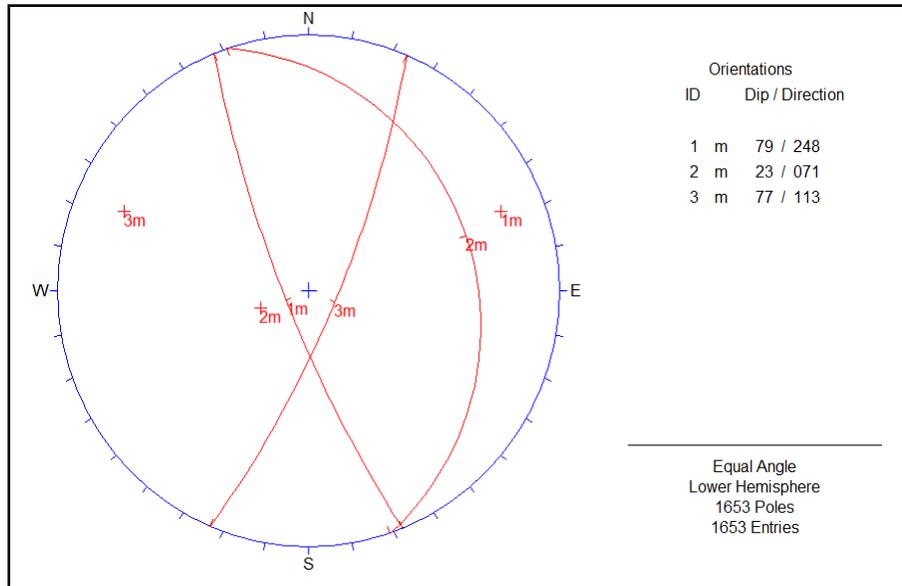
**Figura 21. Contorneo estadístico de la concentración de polos del compuesto de estructuras menores (1.5 - 2% del área de la superficie del hemisferio) Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSÁ**



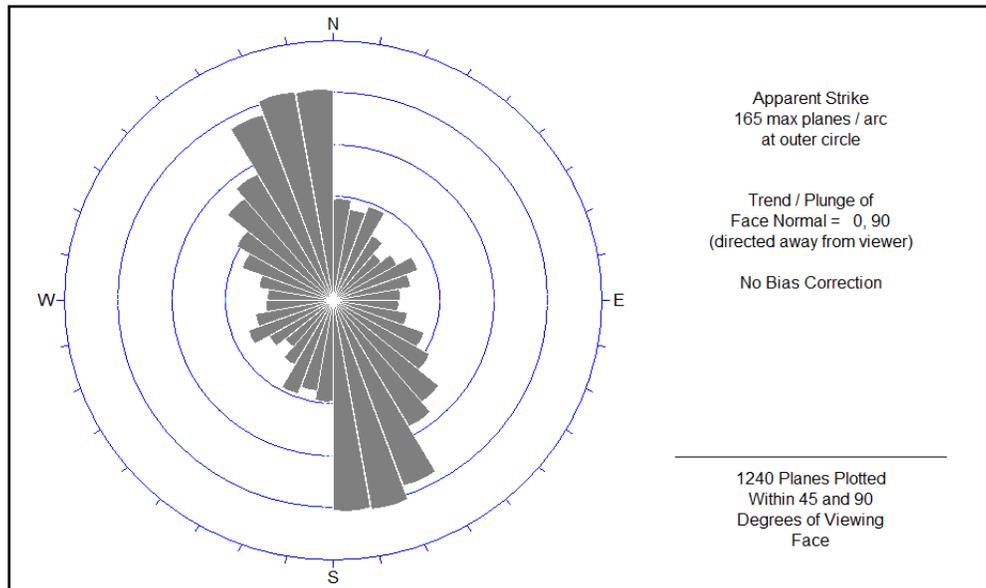
**Figura 22. Representación de los planos principales del compósito de estructuras menores  
Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSÁ**



**Figura 23. Contorneo estadístico de la concentración de polos del compósito de fallas  
(2% del área de la superficie del hemisferio)  
Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSÁ**



**Figura 24. Representación de los planos principales del compuesto de fallas Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**



**Figura 25. Diagramas de rosetas del compuesto de fallas Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

Se han considerado como discontinuidades (estructuras geológicas) mayores a las fallas debido a su elevada persistencia y características desfavorables. Como discontinuidades menores, tenemos: sistemas de diaclasas (fracturas que no han sufrido ningún desplazamiento o ha sido casi nulo).

De acuerdo al análisis realizado el arreglo estructural de la masa rocosa relacionado al minado de MARSA, posee las siguientes características:

Respecto a las estructuras mayores:

- Del registro de datos en los afloramientos de las excavaciones subterráneas se han determinado tres sistemas de sistemas de fallas predominantes, de acuerdo a la mayor concentración de polos.
- El Sistema 1, con rumbo aproximadamente paralelo a las estructuras mineralizadas (NW - SE) y buzamientos entre 10° y 40°NE, que sirvieron como canales depositantes de la mineralización.
- El sistema 2, de rumbo NW - SE con buzamiento promedio de 79°SW; aproximadamente paralelo al rumbo de las estructuras mineralizadas, dado el buzamiento de este sistema la configuración estructural infiere la formación de cuñas en el techo de las excavaciones. Es posible asociar a este sistema la Falla Chilcas.
- Finalmente, se tiene el sistema 3 de fallas con dirección NE – SW perpendicular a la mineralización. Cabe resaltar, que las variaciones de rumbo y buzamiento son consecuencia de los esfuerzos tensionales y compresionales que causaron plegamientos y fallamientos.

Respecto a las estructuras menores:

- Se han determinado hasta cuatro sistemas de discontinuidades, con otros sistemas aleatorios de menor relevancia, de los cuales el más representativo y presente en todos los dominios litológicos, de rumbo NW-SE y buzamiento promedio 79° al SW.
- En dominio estructural de la veta AA se tienen tres sistemas de discontinuidades, de acuerdo al arreglo estructural podrían generar bloques tetrahedrales tipo cuña.

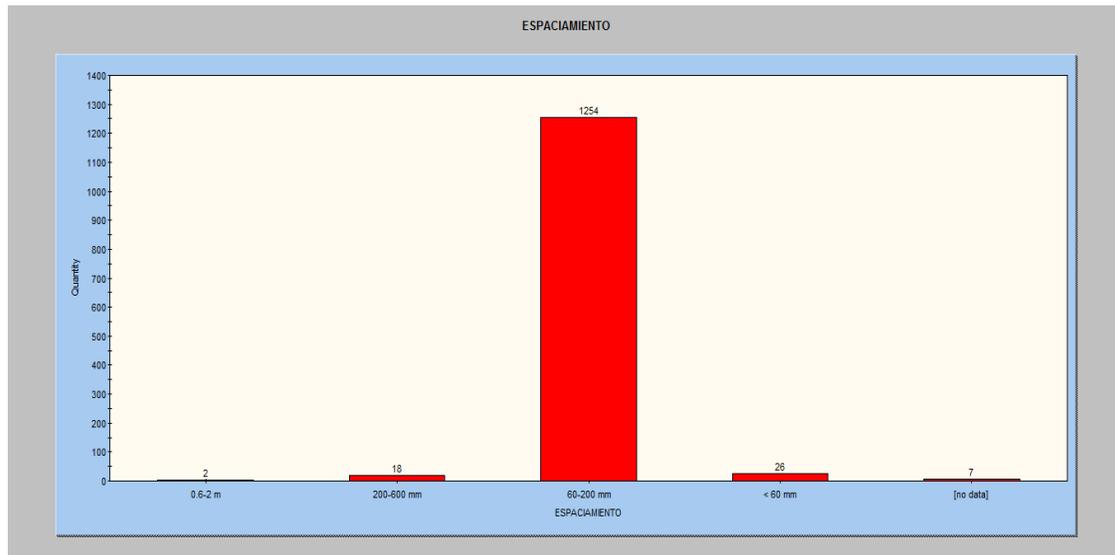
- En el dominio estructural de la veta BB se han definido cuatro sistemas de discontinuidades, con tendencia a formar cuñas sesgadas en hastiales, dependiendo de la orientación de la excavación. Los sistemas definidos difieren del compósito a excepción del sistema 2. De la misma manera ocurre para la veta Cabana.
- El dominio estructural de la veta Cachaco, los sistemas de discontinuidades definidos tienen un rumbo NE - SW en total cuatro, mostrando ligeras variaciones en buzamiento y rumbo, esto debido a los eventos tectónicos suscitados en el yacimiento.
- El dominio estructural de veta Daniela, tiene un comportamiento muy parecido al compósito, indicando una mayor, con cuatro sistemas de discontinuidades, el macizo rocoso en esta estructura tiende a poseer un elevando fracturamiento.
- El dominio estructural de veta Esperanza tiene definido dos sistemas de discontinuidades.
- En el dominio estructural de veta Shakira, se determinaron tres sistemas de discontinuidades de los cuales el sistema 1 y 2 difieren del compósito.
- En caso del dominio estructural de veta Valeria los tres sistemas definidos coinciden aproximadamente con el compósito sin embargo la presencia de un sistema 4 no fue considerado por la baja concentración de polos indicando solo sistemas aleatorios.

**d) Características estructurales:**

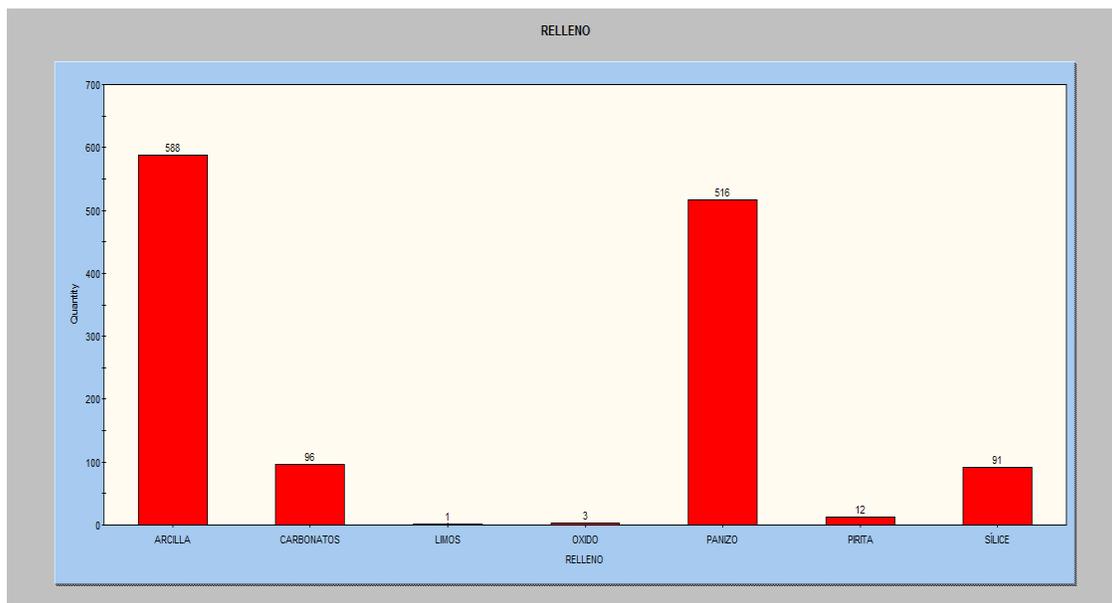
Las características estructurales mayores como menores establecidas mediante el tratamiento estadística de los mapeos geomecánicos compatibilizadas con las observaciones *in situ*. De acuerdo a esto, las principales características estructurales de las discontinuidades tanto mayores como menores son:

## Discontinuidades en dominio estructural veta Cabana

En el dominio estructural asociado a la veta Cabana predominan un espaciamiento de 6 a 20 cm, discontinuidades rellanadas con rellenos blandos (panizo y arcilla) seguido de carbonatos.



**Figura 26. Histograma de frecuencias espaciamiento dominio estructural veta Cabana Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**



**Figura 27. Histograma de frecuencias tipo de relleno dominio estructural veta Cabana Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

## 2.6.2. Clasificación geomecánica de la masa rocosa

Los criterios en la clasificación del macizo rocoso se detallan en las siguientes tablas, consignados de acuerdo a los diferentes dominios geológicos (litológicos) de mayor relevancia que hospedan la mineralización como la tonalita, microdiorita, diorita, granodiorita y granito.

**Tabla 5. Rangos de clasificación RMR y colores establecidos en MARSa**

TIPO DE ROCA	RMR BIENIAWSKI	CLASIFICACION DE LA ROCA	
II	II-A	71 - 80	BUENA "A"
	II-B	61 - 70	BUENA "B"
III	III-A	51 - 60	REGULAR "A"
	III-B	41 - 50	REGULAR "B"
IV	IV-A	31 - 40	MALA "A"
	IV-B	21 - 30	MALA "B"
V	V-A	0 - 20	MUY MALA

*Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSa*

**Tabla 6. Resumen de calidad RMR de la masa rocosa – mina MARSa**

Tipo Roca	RMR	Calidad del Macizo Rocosos
Diorita	26 - 64	IIB, IIIA, IIIB, IVA y IVB
Granito	20 – 65	IIB, IIIA, IIIB, IVA, IVB y VA
Granodiorita	26 - 61	IIB, IIIA, IIIB, IVA y IVB
Microdiorita	16 - 69	IIB, IIIA, IIIB, IVA, IVB y VA
Tonalita	23 – 62	IIB, IIIA, IIIB, IVA y IVB

*Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSa*

- El rango de valores varía desde rocas desde el tipo Buena IIB hasta Muy mala VA. También, las rocas intrusivas tienen valores de calidad alto, por lo que hay que entender que estas características están relacionadas a las alteraciones ocasionadas por la mineralización, considerando que las rocas adyacentes a la

mineralización decaen en su calidad, y opuestamente la calidad mejora cuando se aleja de esta.

- La calidad de roca predominante es IIIB, los que está relacionado en dirección a las labores subterráneas que por conceptos técnicos deben ir paralelos al sistema principal de discontinuidades, el cual se considera un ajuste a IVA.

El ajuste por orientación de discontinuidades será considerado para determinar los parámetros del diseño de las estructuras subterráneas.

### 2.6.3. Zonificación geomecánica de la masa rocosa

El criterio que ha primado en la zonificación geomecánica de la zona de estudio ha sido la calidad de la masa rocosa que aparece con mayor presencia, desde que en cada tipo de roca se presentan diferentes calidades de masas rocosas.

A continuación, se presenta la zonificación geomecánica de mina de Marsa, considerando el dominio estructural, el rango y promedio del RMR.

Los rangos mínimos y máximos de RMR están en el orden con un mínimo de 16 a 20 y un máximo de 61 a 69.

**Tabla 7. Zonificación geomecánica mina MARSÁ**

Dominio estructural	Rango RMR	Promedio RMR
II - B	61 - 69	62
III - A	51 - 60	54
III - B	41 - 50	46
IV - A	31 - 40	38
IV - B	22 - 30	27
V - A	16 - 20	19

**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSÁ**

## 2.6.4. Resistencia de la roca

### a) Resistencia de la roca intacta

El resumen de los resultados de los ensayos de compresión triaxial, compresión simple y propiedades elásticas se evidencian en el Cuadro N°8, para las rocas asociados a los dominios estructurales definidos en los párrafos anteriores.

Con los ensayos de laboratorio de mecánica de rocas (Cuadro 8) se ha obtenido, además de la resistencia compresiva no confinada de la roca intacta, valores de la constante “mi” del criterio de falla de Hoek & Brown (2002 / 2007) y los parámetros de resistencia al corte de Mohr

**Tabla 8. Resultados de ensayos en laboratorio de mecánica de rocas**

Tipo Roca	"mi"	$\sigma_c$ (MPa)	Cohesion (MPa)	Ángulo de fricción (°)	Módulo Young (Gpa)	Poisson
Diorita	19.35	93.96	19.82	52.08	10.25	0.30
Granito	15.3	88.31	17.82	48.45	8.93	0.31
Granodiorita	26.23	120.19	19.68	56.03	11.87	0.30
Tonalita	8.06	38.27	9.07	39.14	4.97	0.32

**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

### b) Resistencia de la masa rocosa:

En el siguiente cuadro, se presenta un resumen de las características de resistencia y deformabilidad de la masa rocosa para los diferentes dominios estructurales. Asimismo, de la figura 28 a la 31 se presenta el análisis *RocLab*.

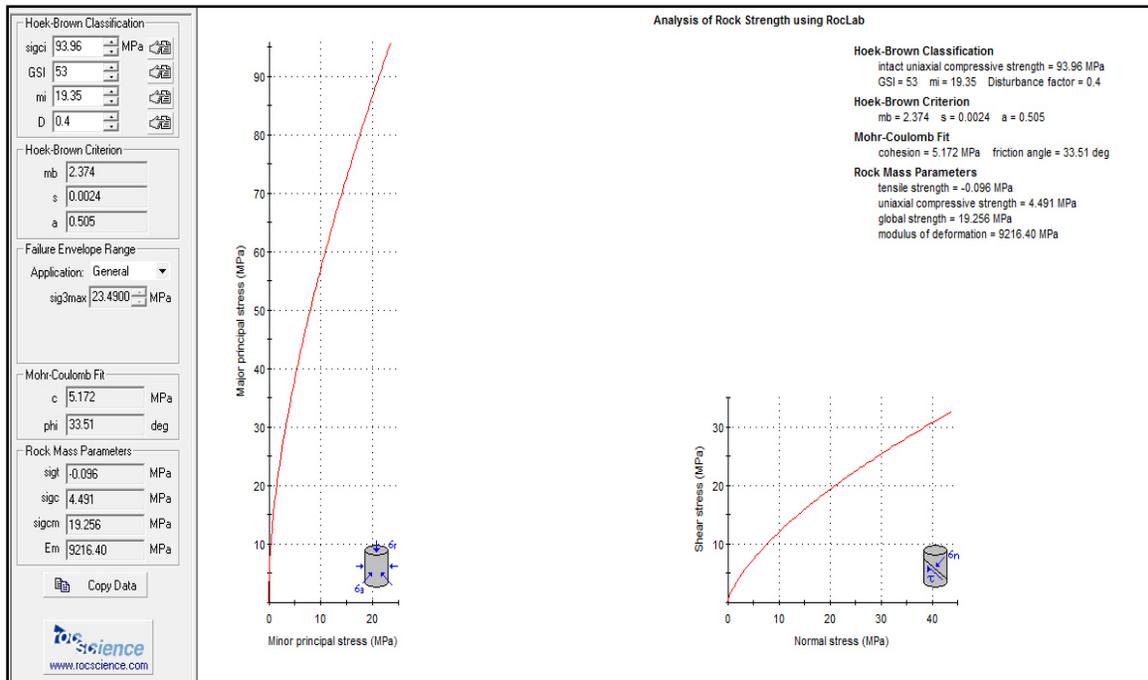
Se presenta las propiedades de la resistencia del macizo rocoso en la mina MARSA, considerando el tipo de roca como la tonalita, diorita, granito y granodiorita. Asociando a su dominio estructural con valores desde IIIA y IIIB, IVA y IVB a las diferentes litologías presentes.

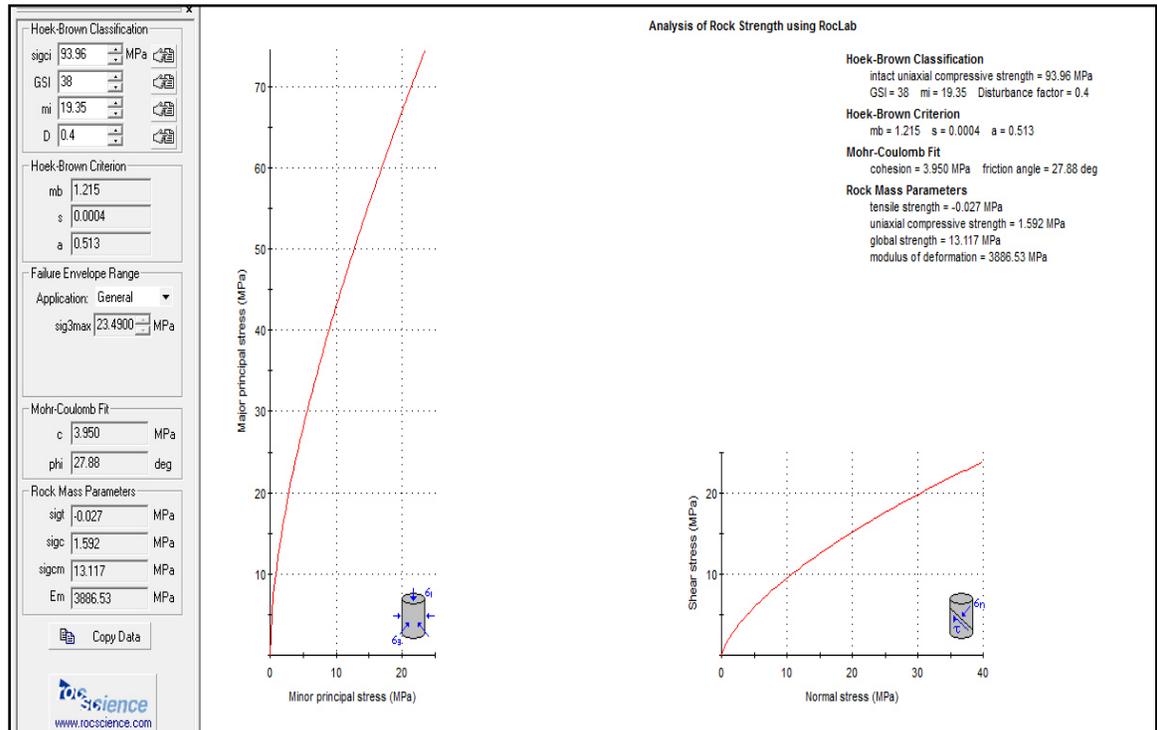
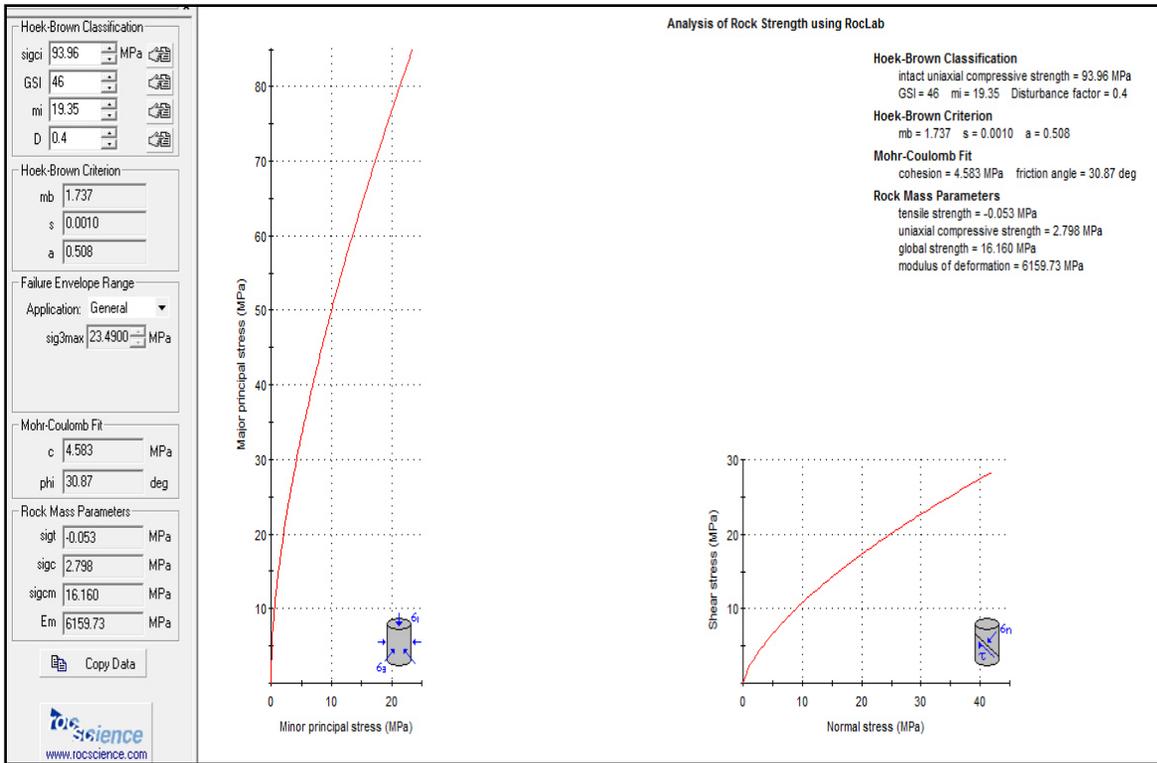
El RMR calculado en las tonalitas presentes están en el rango de un mínimo de 27 y un máximo de 54.

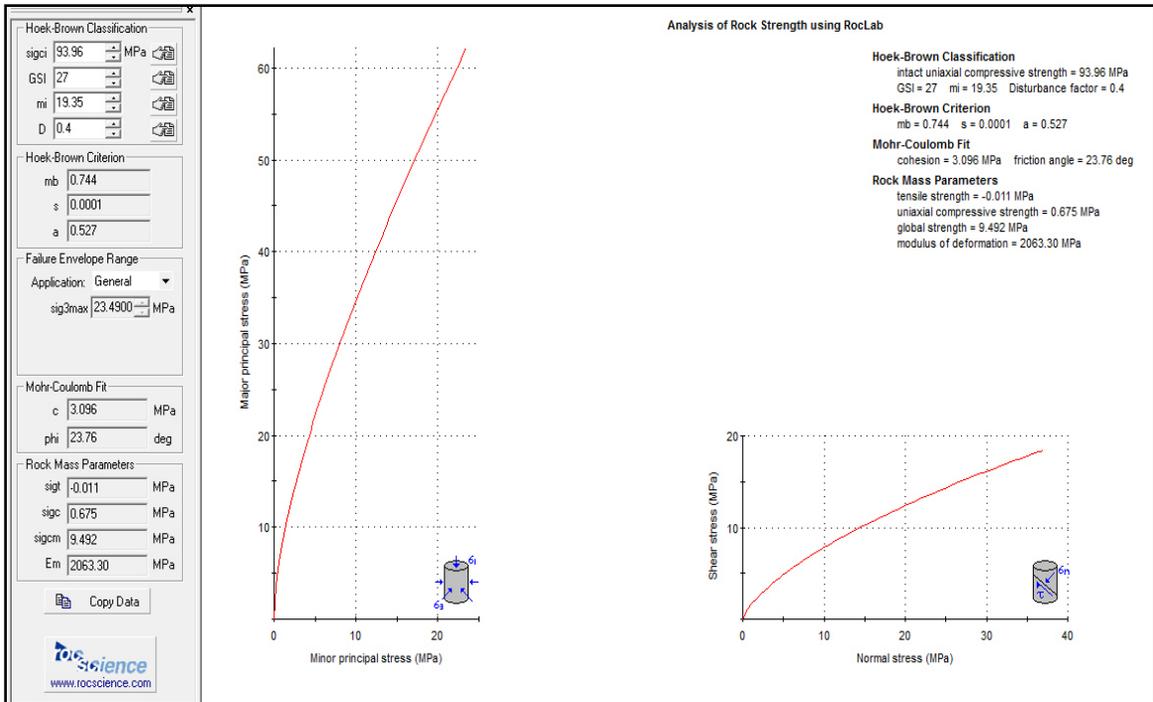
**Tabla 9. Propiedades de la resistencia de la masa rocosa**

ROCA	Dominio Estructural	Promedio RMR	GSI[1]	$\sigma_{cmr}$	Peso Específico Tn/m <sup>3</sup>	$m_{mr}$	$s_{mr}$	$a_{mr}$	$E_{mr}$	$\mu$
				MPa					MPa	
Diorita	III - A	54	53	19.256	2.7	2.374	0.0024	0.505	9216.40	0.3
	III - B	46	46	16.160	2.7	1.737	0.0010	0.508	6159.73	0.3
	IV - A	38	38	13.117	2.7	1.215	0.0004	0.513	3886.53	0.3
	IV - B	27	29	9.492	2.7	0.744	0.0001	0.527	2063.30	0.3
Granito	III - A	54	53	16.136	2.7	1.877	0.0024	0.505	8935.01	0.31
	III - B	46	46	13.510	2.7	1.373	0.0010	0.508	5971.66	0.31
	IV - A	38	38	10.941	2.7	0.961	0.0004	0.513	3767.86	0.31
	IV - B	27	29	8.412	2.7	0.643	0.0001	0.524	2244.37	0.31
Granodiorita	III - A	54	53	28.612	2.7	3.218	0.0024	0.505	9508.02	0.30
	III - B	46	46	24.071	2.7	2.354	0.0010	0.508	6354.63	0.30
	IV - A	38	38	19.591	2.7	1.647	0.0004	0.513	4009.50	0.30
	IV - B	27	29	15.169	2.7	1.102	0.0001	0.524	2388.31	0.30
Tonalita	III - A	54	53	5.142	2.7	0.989	0.0024	0.505	5881.92	0.32
	III - B	46	46	4.268	2.7	0.723	0.0010	0.508	3931.15	0.32
	IV - A	38	38	3.429	2.7	0.506	0.0004	0.513	2489.39	0.32
	IV - B	27	29	2.612	2.7	0.339	0.0001	0.524	1477.47	0.32

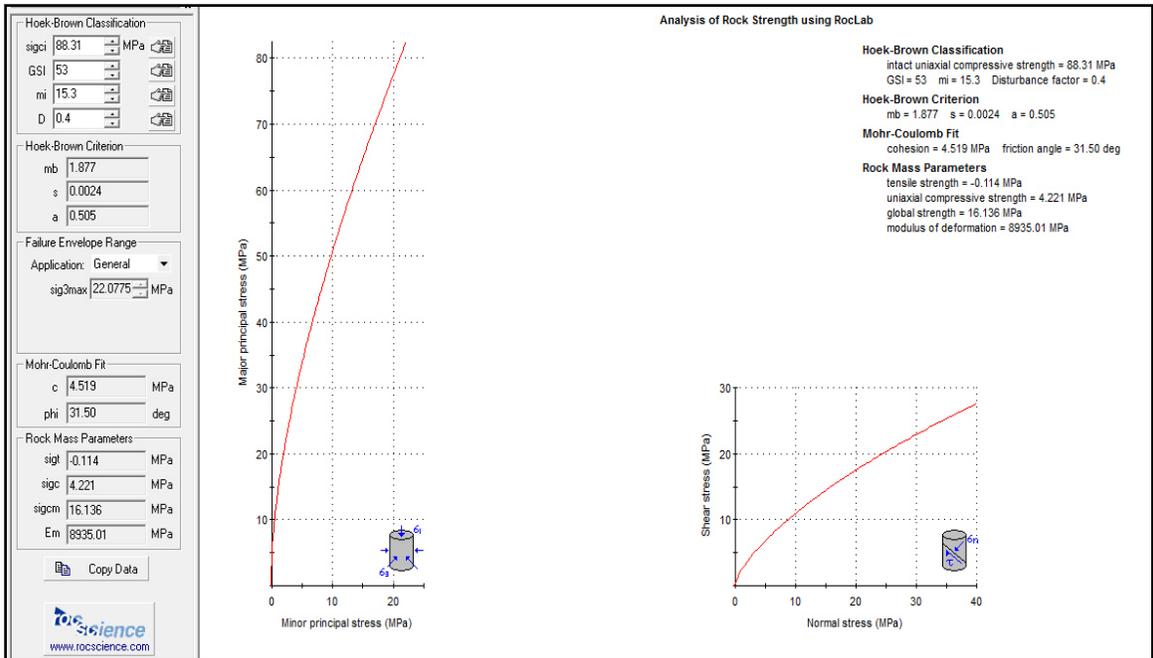
Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSÁ

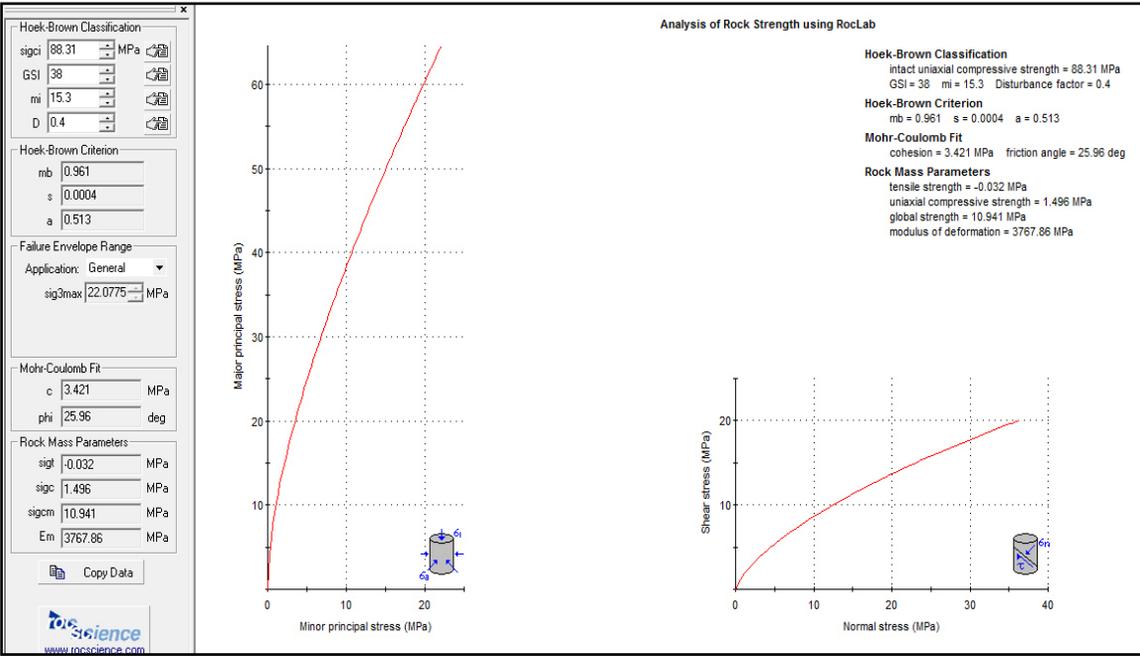
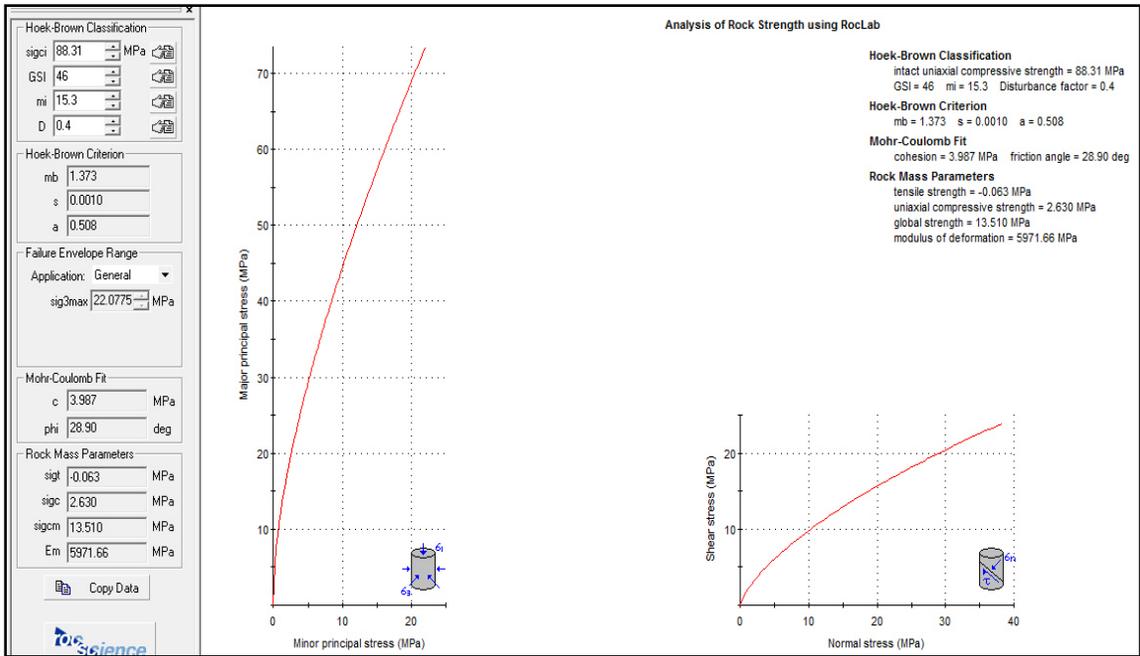


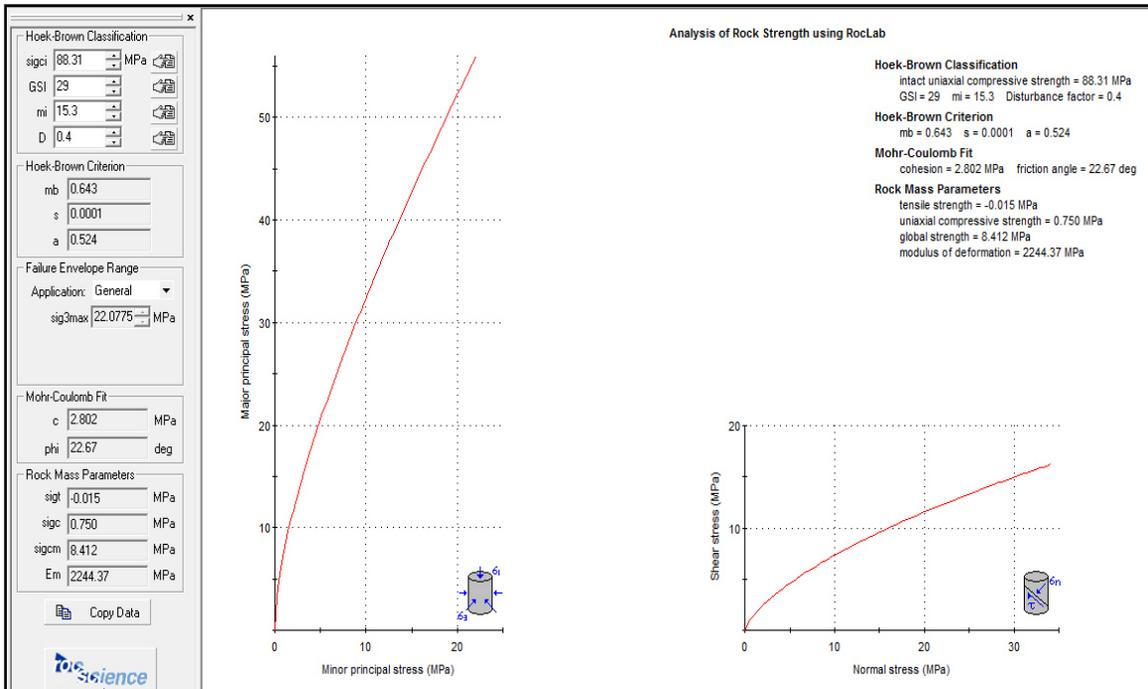




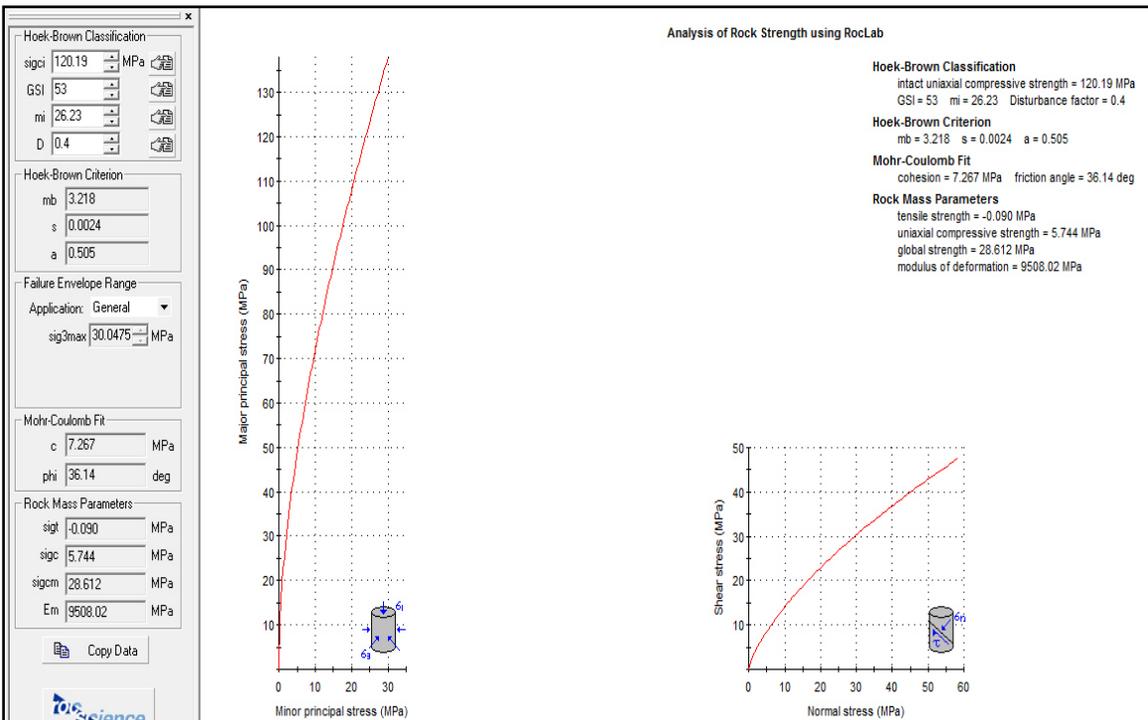
**Figura 28. Análisis RocLab dominios estructurales asociados a diorita (III-A, III-B, IV-A y IV-B) Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSÁ**

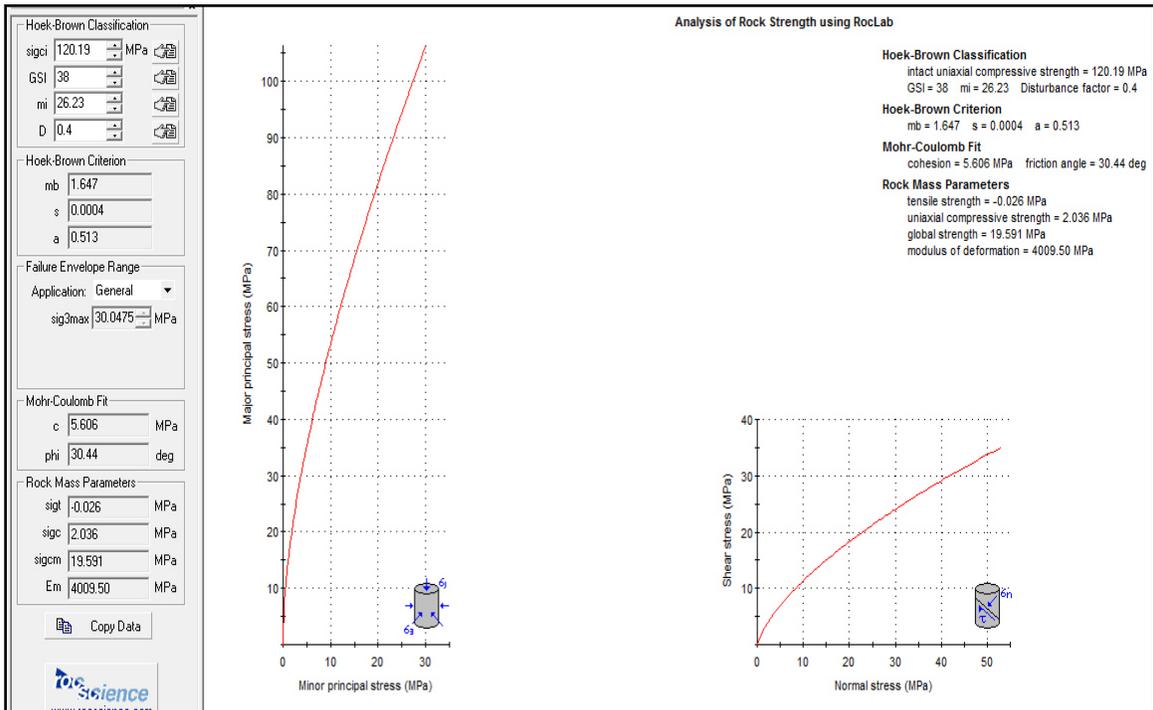
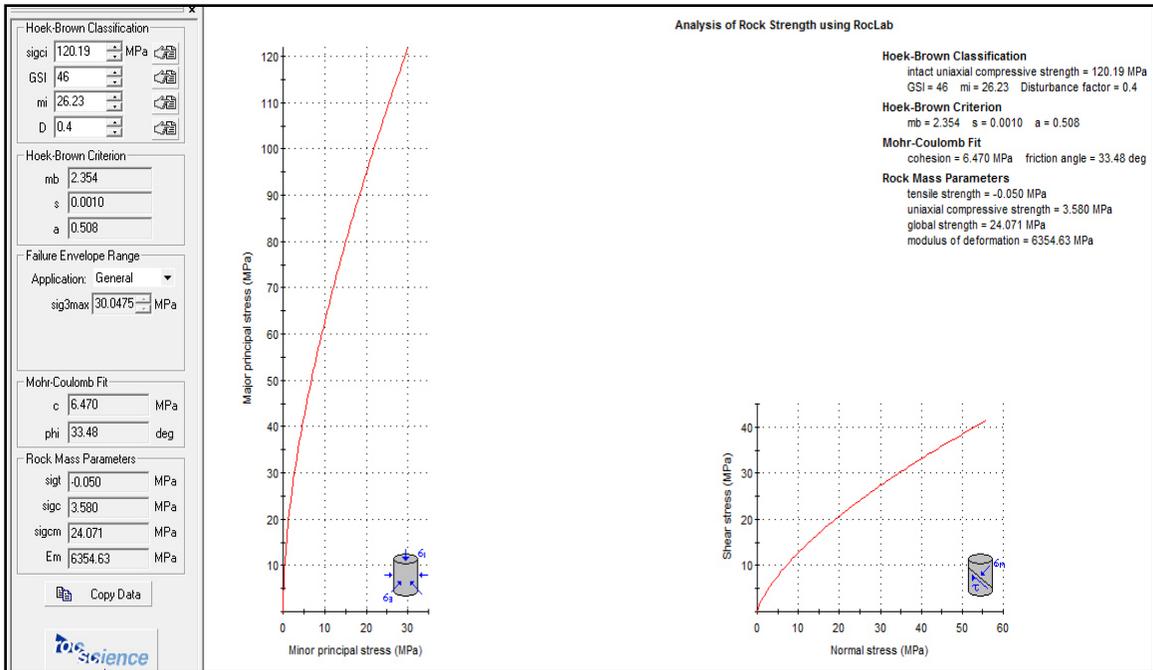


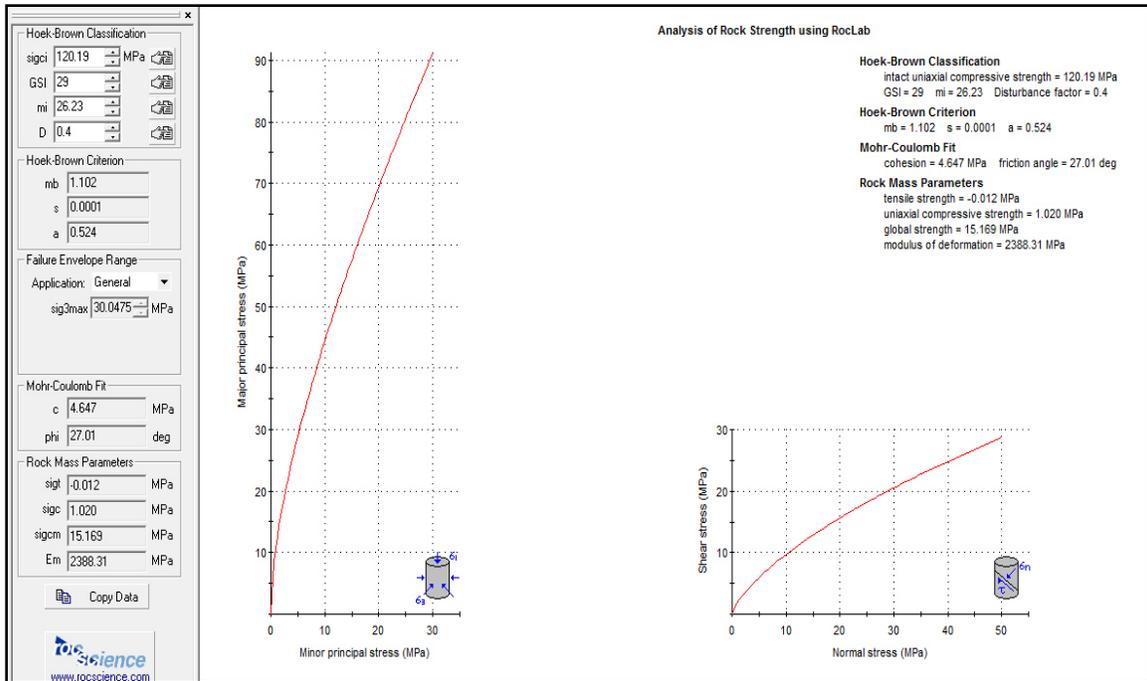




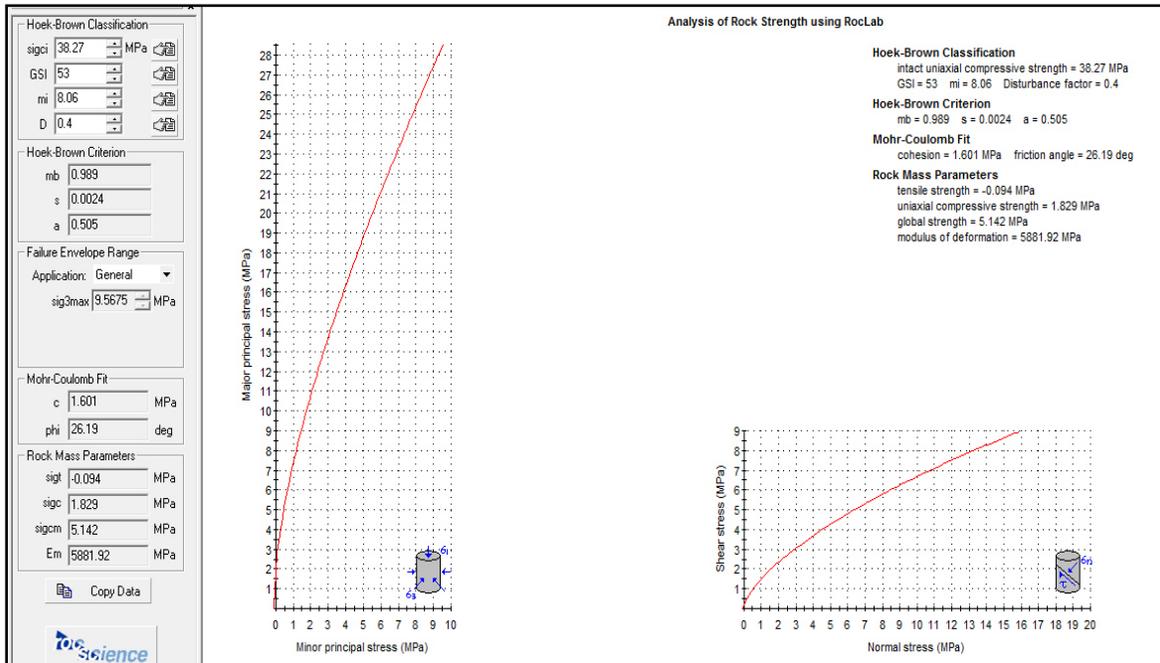
**Figura 29. Análisis RocLab dominios estructurales asociados a granito (III-A, III-B, IV-A y IV-B) Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSÁ**

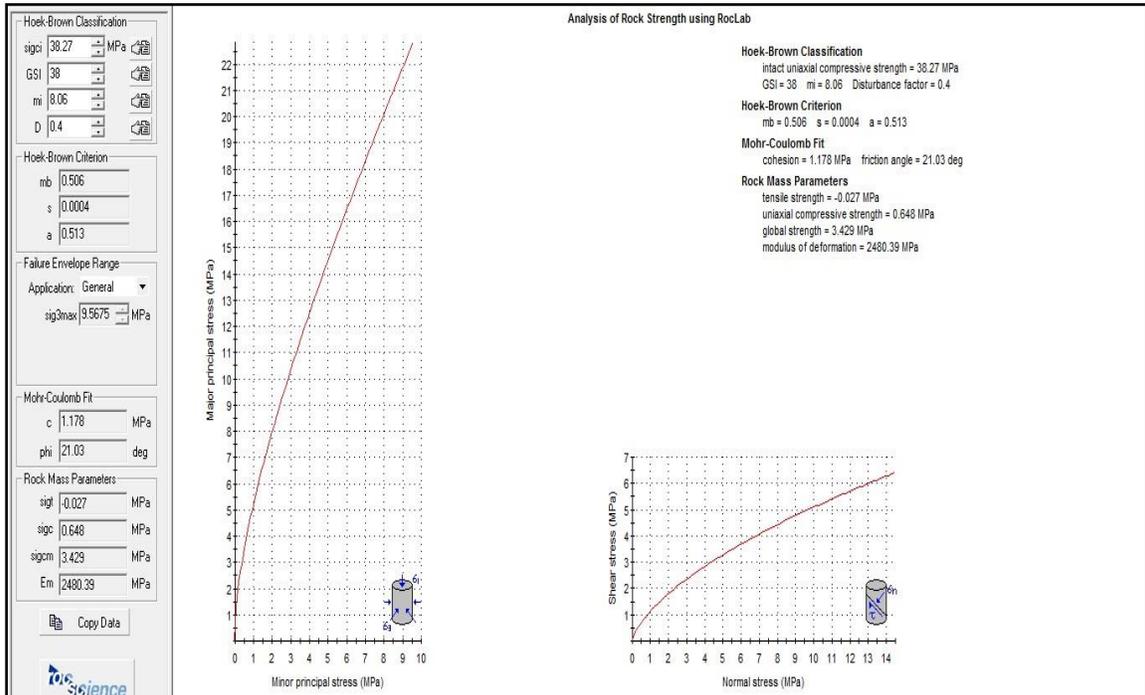
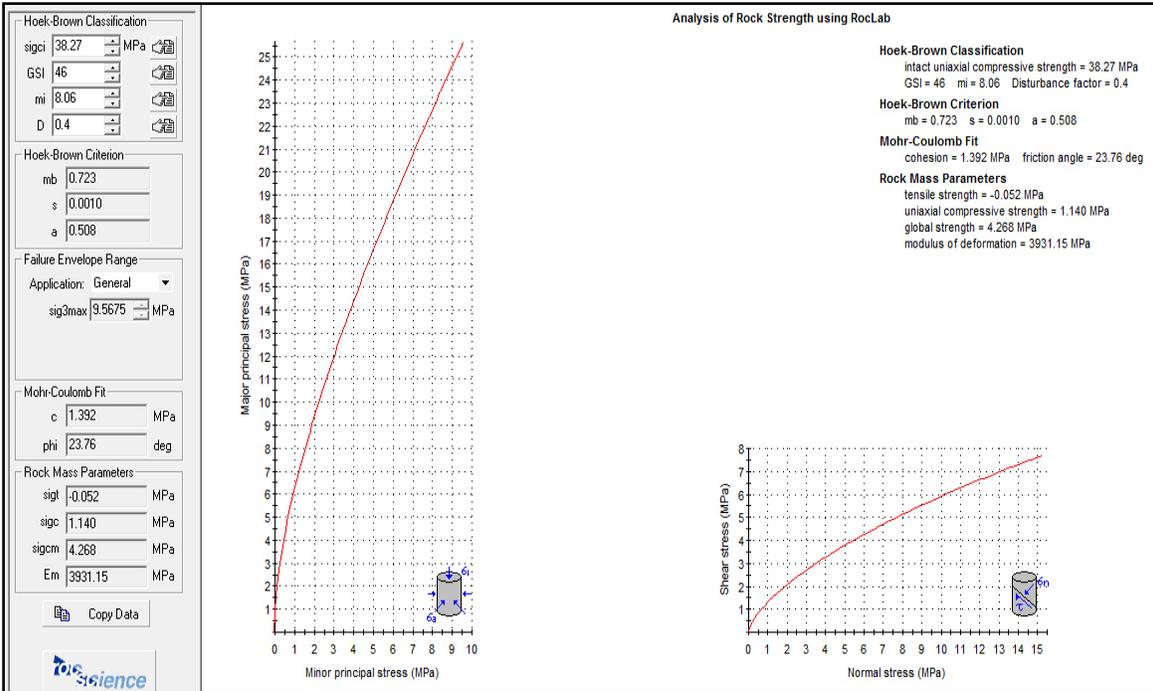


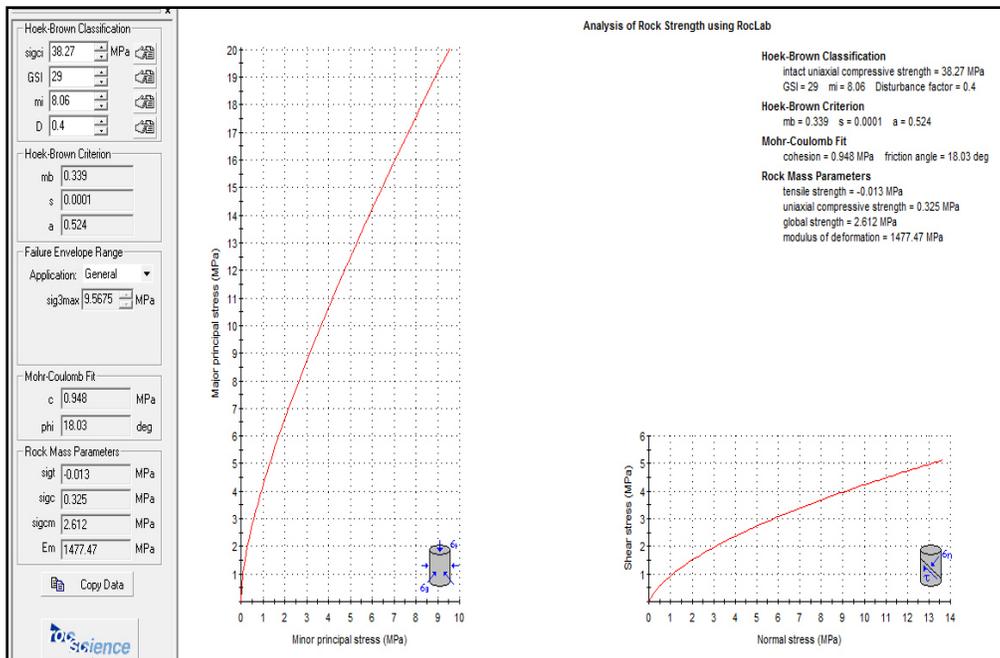




**Figura 30: Análisis RocLab dominios estructurales asociados a granodiorita (III-A, III-B, IV-A y IV-B).  
 Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSÁ**







**Figura 31. Análisis RocLab dominios estructurales asociados a tonalita (III-A, III-B IV-A y IV-B) Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

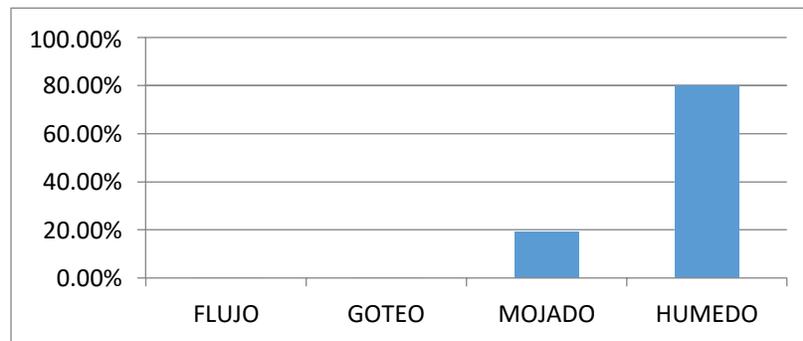
### 2.6.5. Condiciones de agua subterránea

La presencia del agua dentro del macizo rocoso influye directamente en las condiciones de estabilidad de las labores subterráneas, asimismo afecta el programa de avance y explotación de la unidad minera. Es importante mencionar que en algunas operaciones mineras el incremento de la gradiente hidráulica, producto del incremento de las lluvias afectan el ritmo de producción y avance en las operaciones.

En la figura 32, se consigna el resultado de frecuencia de las condiciones de agua en las labores subterráneas, considerando superficies con goteo, mojadas, húmedas y secas. De dicho histograma de frecuencias, es evidente que en mayor porcentaje las superficies se encuentran húmedas, para esa definición se ha considerado discontinuidades húmedas donde no está presente el agua libre. Los goteos son esporádicos, debido a las infiltraciones generadas de superficie con permeabilidad secundaria (a través del fracturamiento del macizo rocoso). Los resultados de la figura 32, fueron obtenidos de 5375 registros de los mapeos

geomecánicos (SIM), del cual se tiene: macizos rocosos con goteo y flujo 0.52 %, húmedos 80.45 %, mojados 19.40 %.

En ese sentido, la condición más considerable en cuanto a la estabilidad de las labores se tiene en las zonas con goteos esporádicos, para los cuales se deben tomar las medidas de estabilidad pertinentes.



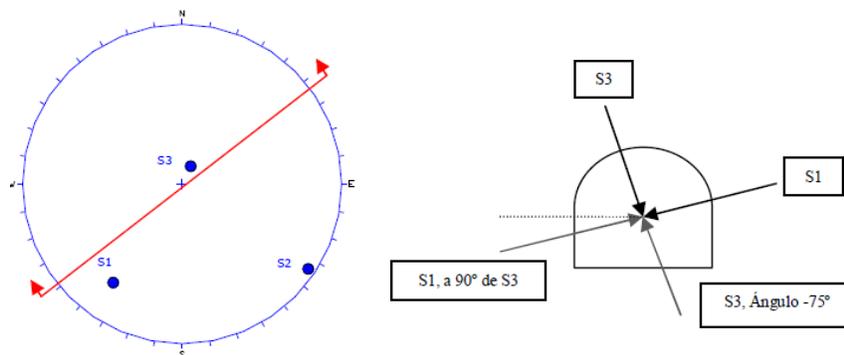
**Figura 32. Presencia de agua en labores, MARSÁ**  
Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSÁ

#### **2.6.6. Esfuerzos *in situ***

Cualquier macizo rocoso en estado natural o virgen contiene componentes de esfuerzos no nulas debido al peso propio de la roca sobreyacente, confinamiento o historia geológica. Este campo de esfuerzos es alterado por las excavaciones que puedan realizarse, generando nuevos esfuerzos inducidos los cuales pueden vencer la resistencia del macizo rocoso; dichos esfuerzos inducidos están en función de los esfuerzos *in-situ*, los cuales son esenciales para el análisis de estabilidad correspondiente.

Para estimar la magnitud del esfuerzo vertical se ha utilizado el criterio de carga litostática de Hoek & Brown (1978), en el cual, el esfuerzo vertical es calculado a partir del peso unitario de la roca sobreyacente y la profundidad debajo de la superficie. Para estimar el esfuerzo horizontal, es necesario conocer la constante “k”, factor de distribución de esfuerzos, dado que dicha constante indica la relación entre el esfuerzo horizontal y el esfuerzo vertical. En este caso, dadas las

mediciones de esfuerzo in situ realizadas en MARSA el valor de “k” será determinado mediante la siguiente aproximación:  $k = 0.5 + (1500/z)$  y el valor del esfuerzo vertical para el criterio de carga litostatica:  $\sigma_V = 0.027 \cdot 0.13 \cdot z$ ; donde z es la profundidad. Cabe resaltar, que, de acuerdo a la configuración de los esfuerzos,  $\sigma_V$  (esfuerzo vertical), será casi equivalente a  $\sigma_3$ . Es importante tener en cuenta que la orientación y magnitud de esfuerzos tienen una orientación espacial y para fines de modelamientos numéricos en 2D dichas orientación y magnitudes deben ser calibrados a la sección deseada; puesto que, modelamientos numéricos serán realizados en un corte NE – SW (perpendicular a la dirección de las vetas) se ha determinado que la dirección de  $\sigma_1$  será  $75^\circ$  en sentido horario desde la vertical, lo dicho anteriormente se expresa en la siguiente figura.



**Figura 33. Dirección de esfuerzos in situ en MARSA y configuración para sección de análisis geomecánico**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

Según este criterio, el esfuerzo vertical *in situ* varía aproximadamente de 1.9 a 3.8 MPa para profundidades que van de 540 a 1080, donde actualmente se concentra la mayor explotación de la mina; de la misma forma, la constante “k” varía de 3.28 a 1.89; finalmente, los esfuerzos *in situ* horizontales estarían en el rango de 6.2 a 7.1 MPa.

Se ha revisado también el mapa mundial de esfuerzos, según este mapa y considerando que en MARSA han ocurrido importantes fallas inversas, se corrobora que, el esfuerzo horizontal mayor, que ocurre perpendicular al rumbo andino, es

decir más o menos en dirección E-W, sería de magnitud mayor que el esfuerzo vertical.

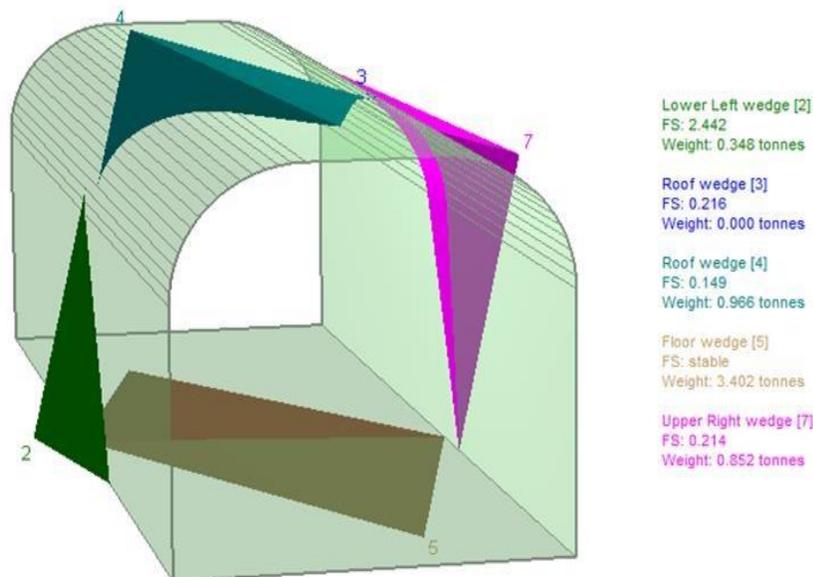
## 2.7. Análisis de estabilidad

### 2.7.1. Generalidades

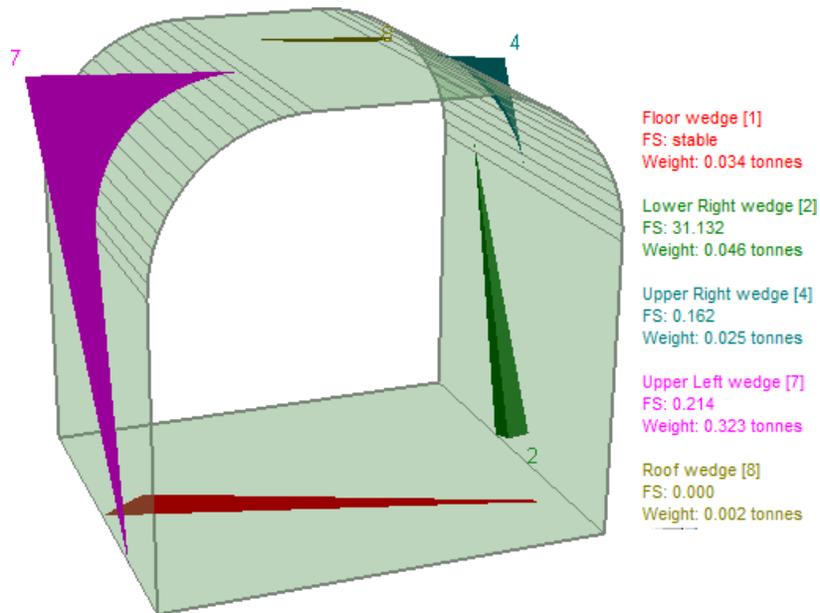
En los acápites anteriores se han definido las condiciones y parámetros geomecánicos de la masa rocosa del yacimiento en MARSA; en base a ello, en el presente acápite, se verificarán los parámetros de dimensionamiento en base al estándar del método de explotación corroborando las implicancias de dichos parámetros en la estabilidad durando el minado de acuerdo a las condiciones geomecánicas de la masa rocosa; se realizara un análisis en cuanto a la estabilidad estructuralmente controlada (conducidas por gravedad), y la estabilidad controlada por la resistencia de la masa rocosa (conducida por los esfuerzos).

### 2.7.2. Estabilidad estructuralmente controlada

Cabe resaltar que para ser efectiva la ocurrencia de bloques por lo menos se deben tener tres sistemas de discontinuidades.



**Figura 34. Formación de cuñas, cuando el avance de la excavación está orientado paralelo a la mineralización: galerías, subniveles, by pass  
Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**



**Figura 34. Formación de cuñas, cuando el avance de la excavación está orientado perpendicular a la mineralización: cruceros y accesos**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

En base al análisis estereográfico, análisis de formación de bloques tipo cuña (Figura 34 y 35), se tienen los siguientes resultados:

Del compósito de discontinuidades, cuadro 3, es evidente la presencia de cuatro sistemas bien marcados de discontinuidades, los cuales de acuerdo a las diferentes conjugaciones posibles formarán bloques de diferentes dimensiones y formas, los cuales de acuerdo a la persistencia de las discontinuidades y tamaño de excavación se convertirán en bloques potenciales y críticos.

Del diagrama de roseta (figura 32) se deduce que la dirección más desfavorable de avance es NW – SE; sin embargo, por razones técnicas de explotación las labores han de ser guiadas en esa dirección, sea subniveles, galerías y *by passes*.

Del estudio estructural asociado en excavaciones paralelas a la mineralización (figura 34) es probable la presencia de bloques clave o bloques críticos en corona

con factores de seguridad debajo de 0.5, el tamaño y peso de dichos bloques será proporcional con el tamaño de la excavación.

Cabe resaltar que en condiciones de esfuerzo y calidad de roca más desfavorable la deformación del terreno, evidenciado por deslizamiento de los bloques, será de acuerdo a la configuración estructural antes mencionada, en este caso, el tratamiento de estabilización se dará de acuerdo al estándar de sostenimiento consignado en la cartilla geomecánica.

En roca de calidad regular a buena para labores con secciones menores a 3.0 x 3.0 metros, la estabilización de los bloques tipo cuña será con pernos *posimix* de 6 pies y/o *Split set* de 5 pies, para macizos rocosos de mala calidad se usará malla de 4" x 4" reforzado con *shotcrete* de ser necesario en el sistema mecanizado se usarán cuadros de madera. Asimismo, para secciones superiores a 3.0 x 3.0 metros se usará pernos de 8 pies de longitud.

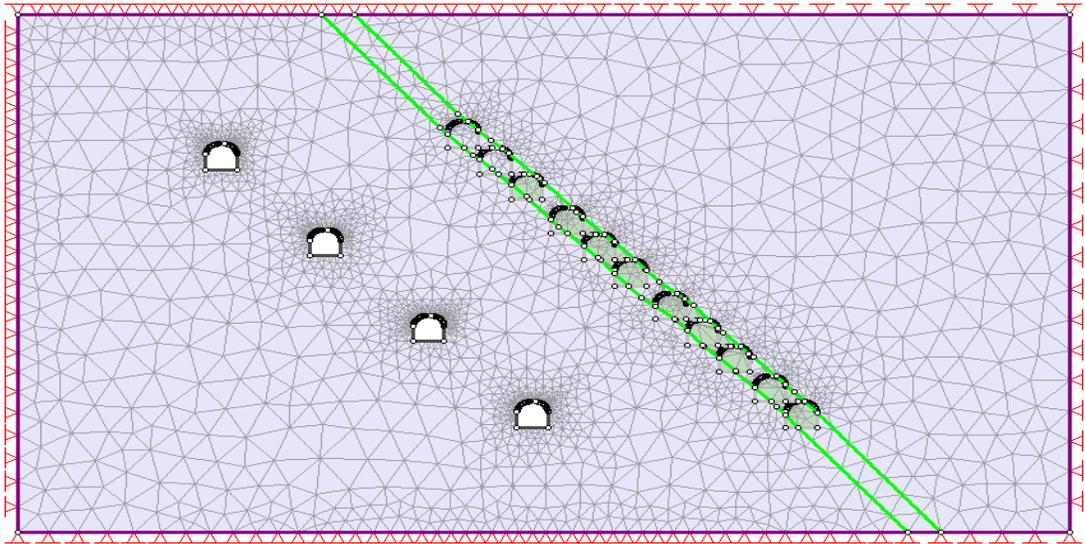
### **2.7.3. Estabilidad controlada por esfuerzos**

De acuerdo a los parámetros del macizo rocoso obtenidos, se ha de realizar el análisis de estabilidad controlada por los esfuerzos inducidos debido a las excavaciones subterráneas asociado exclusivamente al método de explotación.

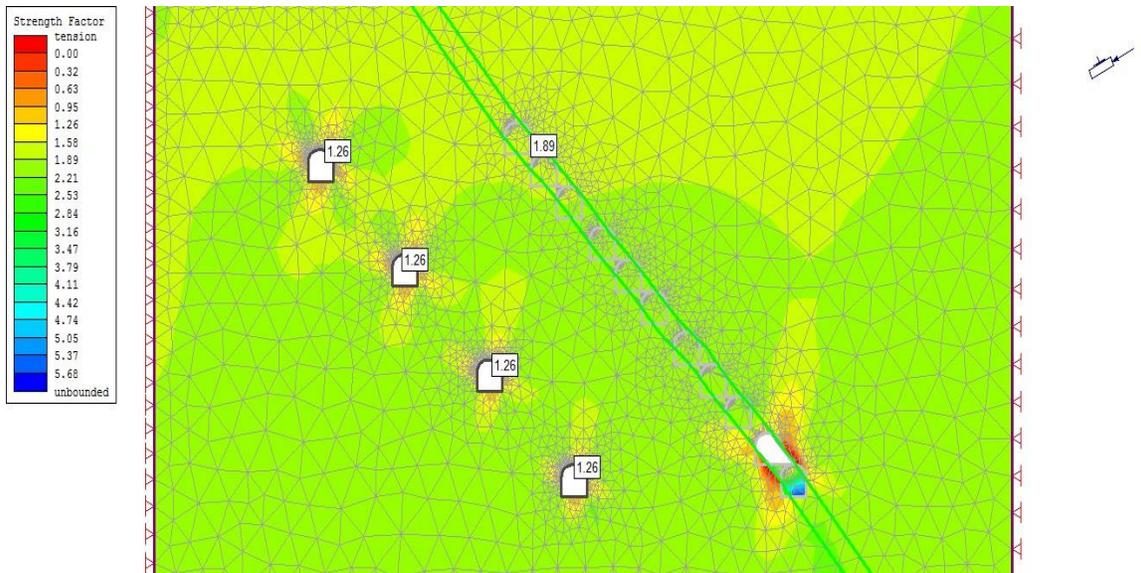
#### **a) Método por corte y relleno ascendente semimecanizado**

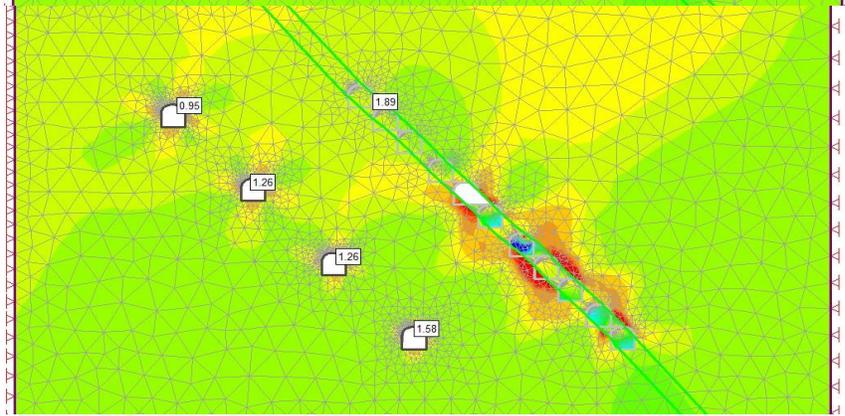
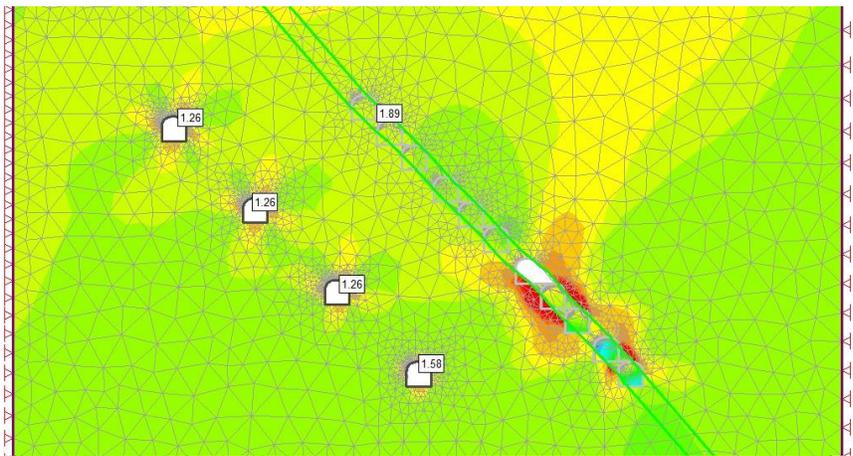
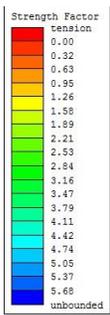
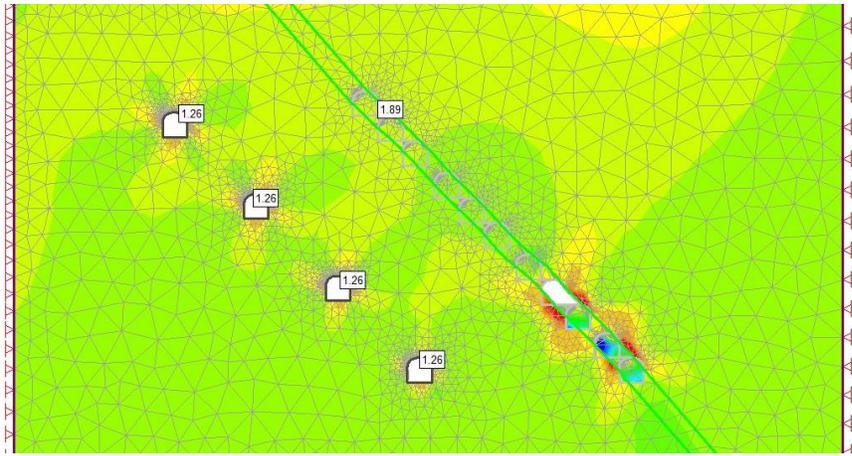
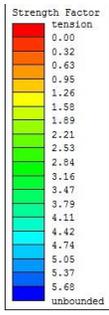
Para el análisis se consideraron condiciones más desfavorables de la calidad de roca y de los esfuerzos *in situ*. De acuerdo al diseño del método de minado, en la figura 5 se muestra el análisis geomecánico al proceso de minado.

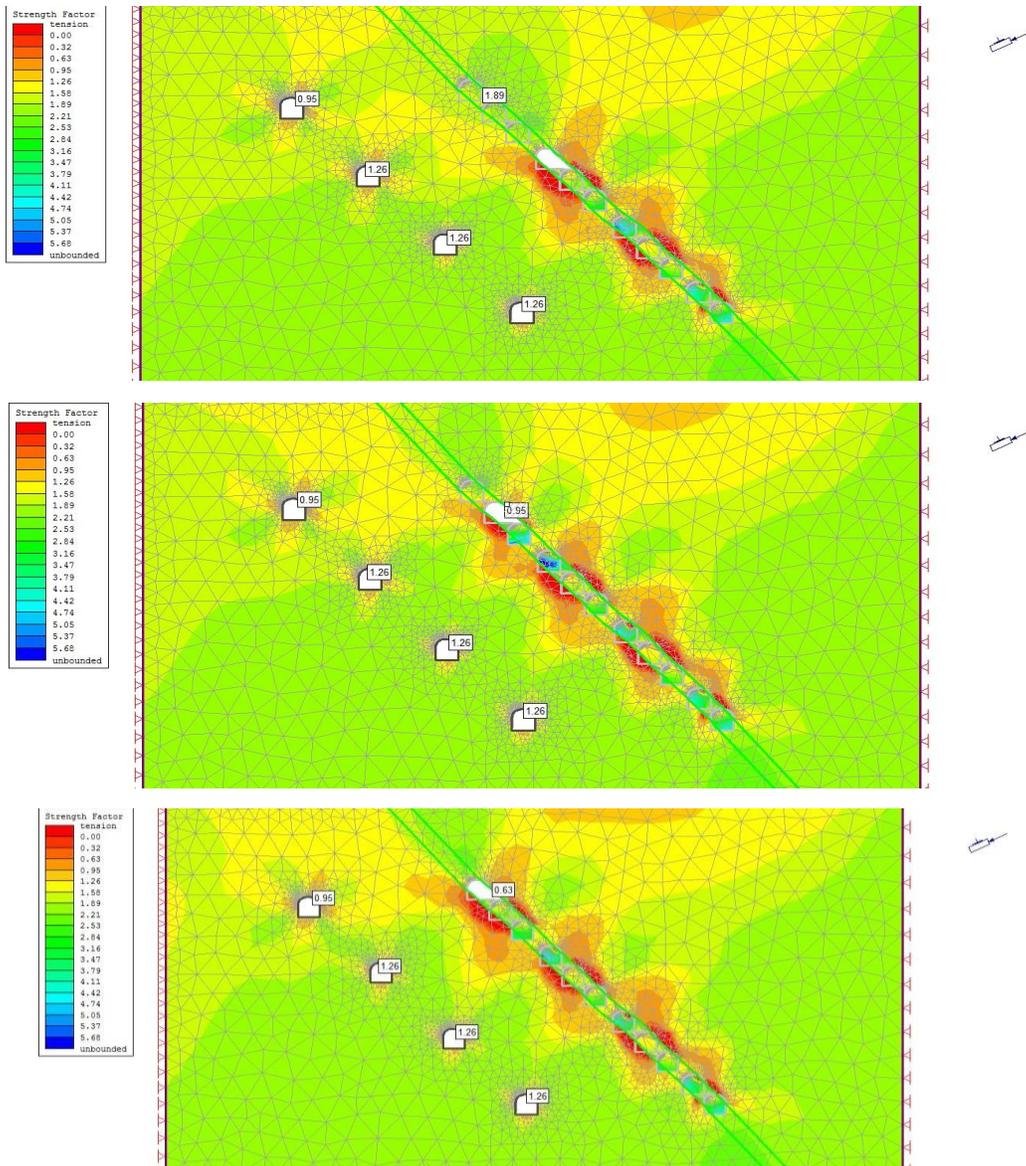
De dicha simulación es importante recalcar que la rampa al piso de la veta no sufre mayor variación en su factor de resistencia (equivalente al factor de seguridad) manteniéndose en un valor aceptable de 1.26; sin embargo, voladuras inadecuadas u otros factores que puedan desfavorecer la estabilidad podrían disminuir dicho factor de seguridad.



**Figura 35: Modelo de malla de elementos finitos para la simulación del minado por corte y relleno ascendente semi mecanizado**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**







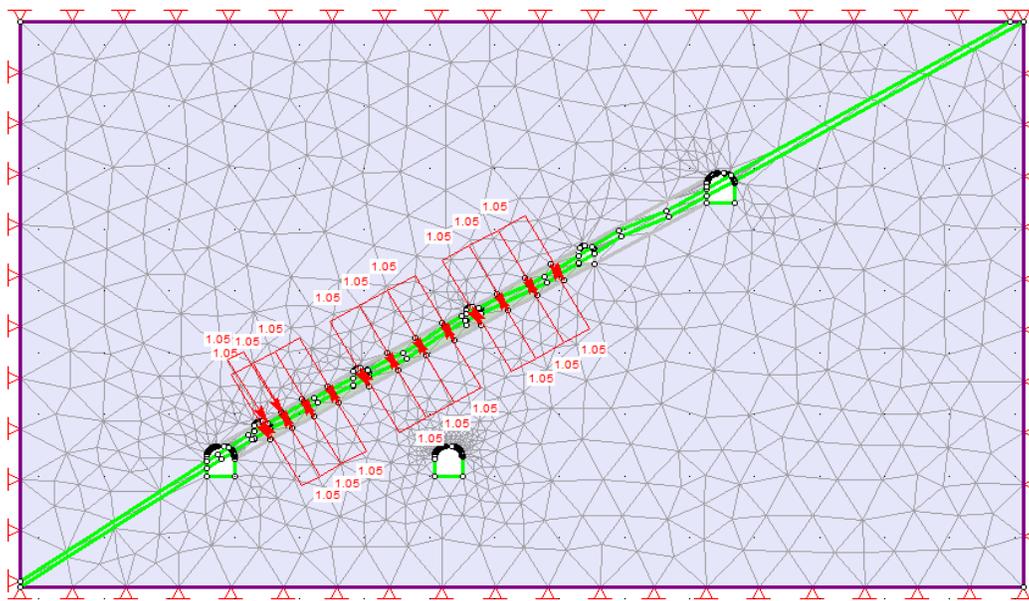
**Figura 36. Distribución de factores de resistencia a medida que se desarrolla el minado por método de corte y relleno ascendente semi mecanizado Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSÁ**

### **b) Método por corte y relleno ascendente convencional**

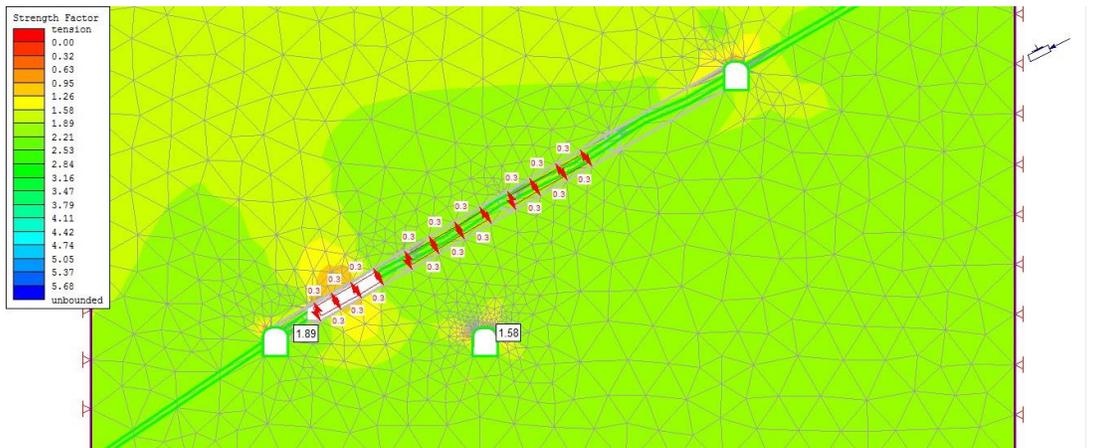
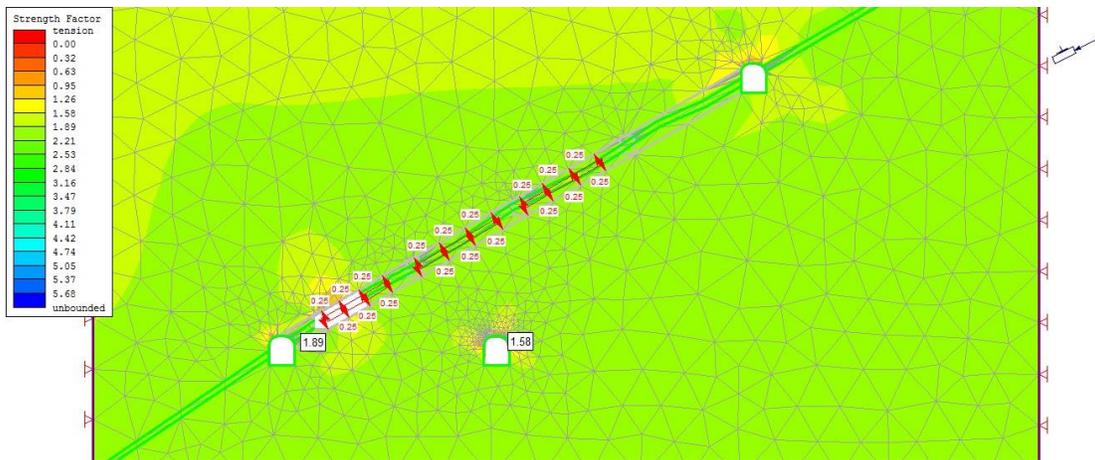
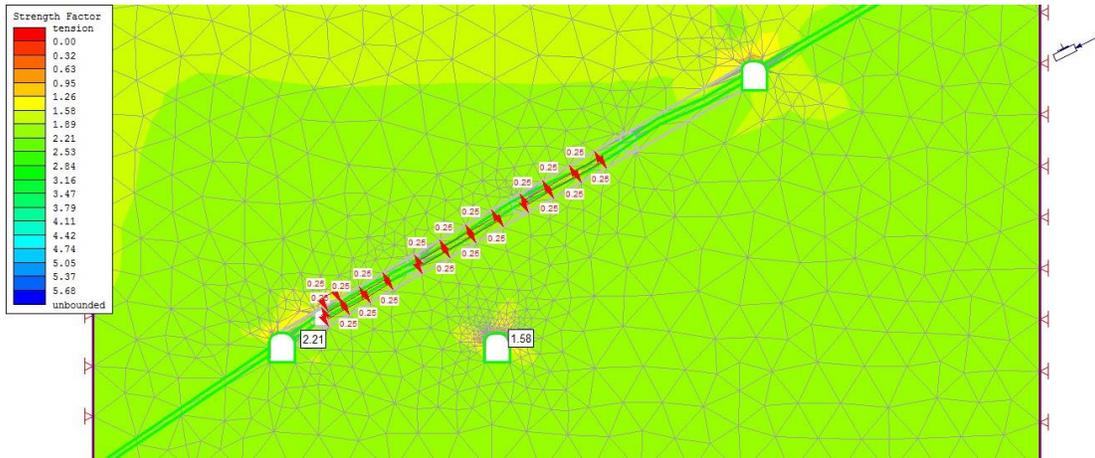
En el caso de corte y relleno convencional se han incorporado cargas distribuidas producto de los elementos de soporte, en este caso madera; puesto que el sostenimiento viene estar dado por puntales o en tramos más desfavorables cuadros.

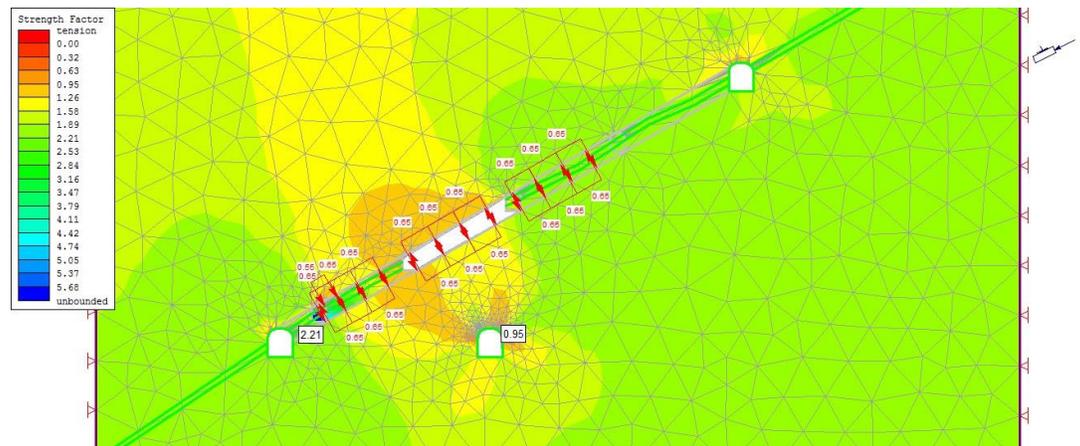
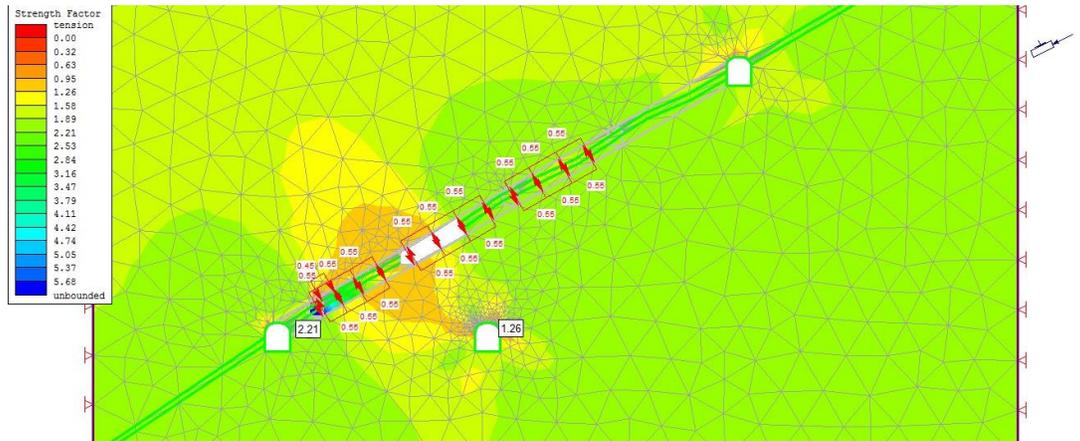
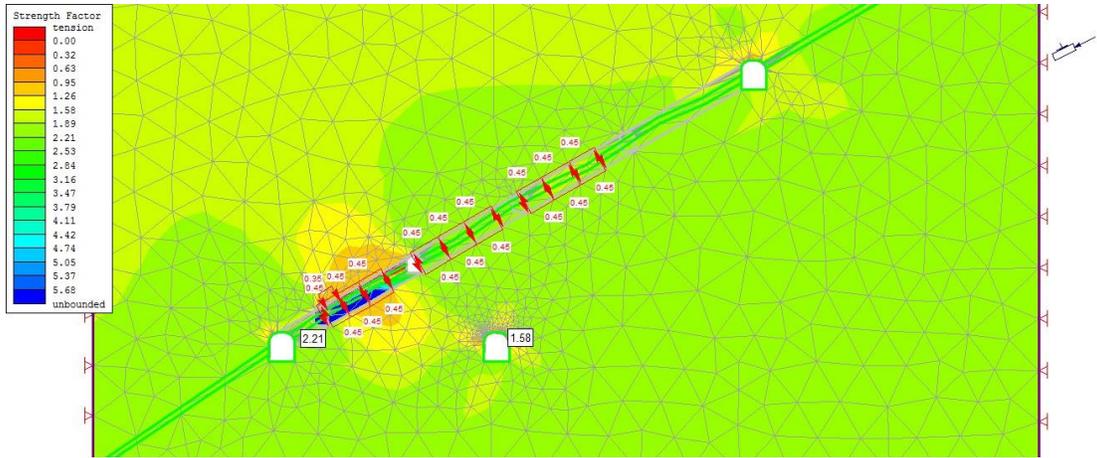
El análisis geomecánico tiene por objetivo la influencia del minado en el puente de la galería inferior al tajo, así como también el *by pass*.

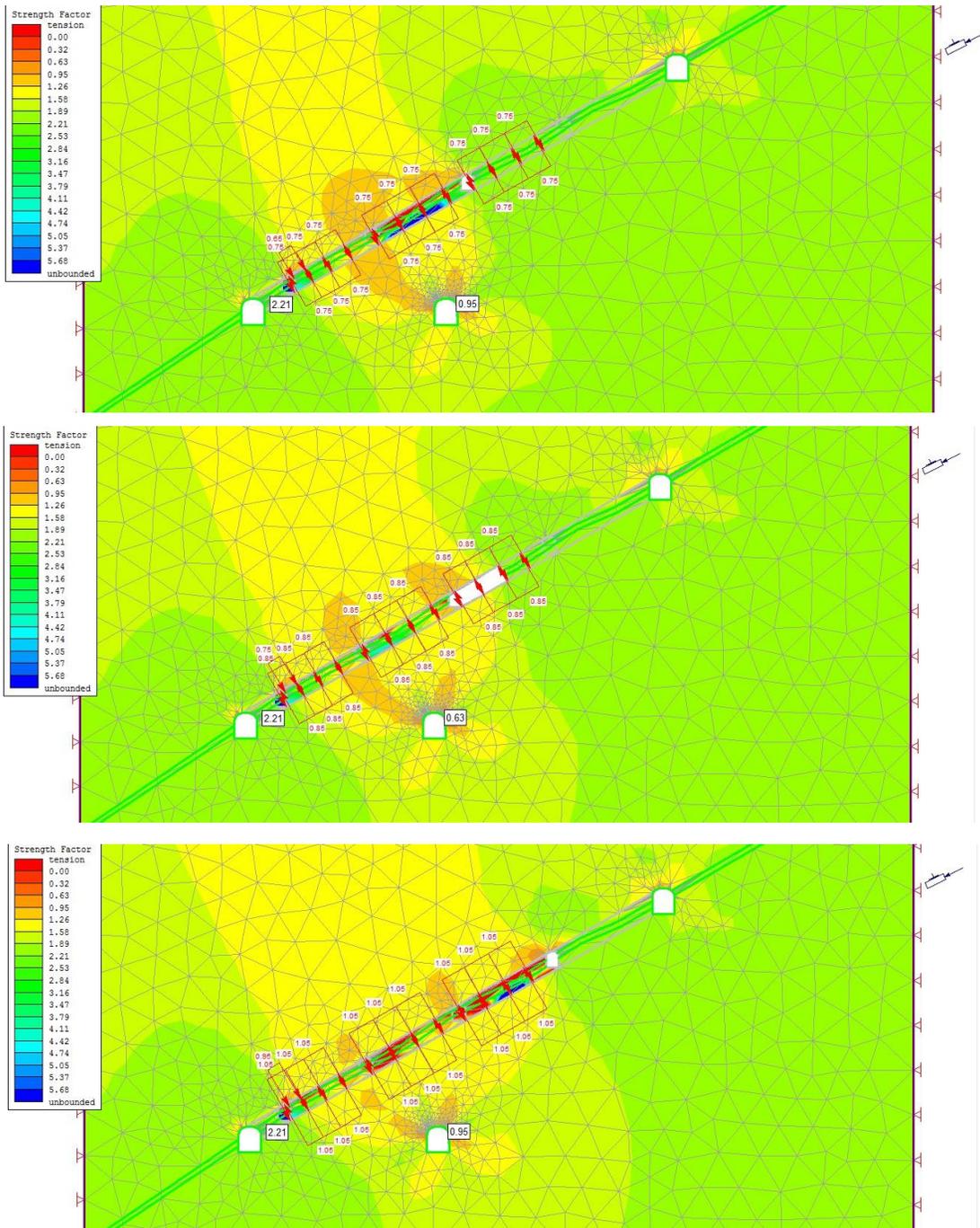
De la simulación realizada se observa que el factor de resistencia está por encima de 1.5 (mínimo aceptable en minería, considerando condiciones desfavorables), asimismo, la simulación corrobora la acertada respuesta mecánica de los elementos de soporte ya sea puntales o madera. Sin embargo, se evidencia influencia moderada sobre el *by pass* inferior, reduciéndose el factor de seguridad a 0.95.



**Figura 37. Modelo de malla de elementos finitos para la simulación del minado por corte y relleno ascendente convencional  
Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSÁ**



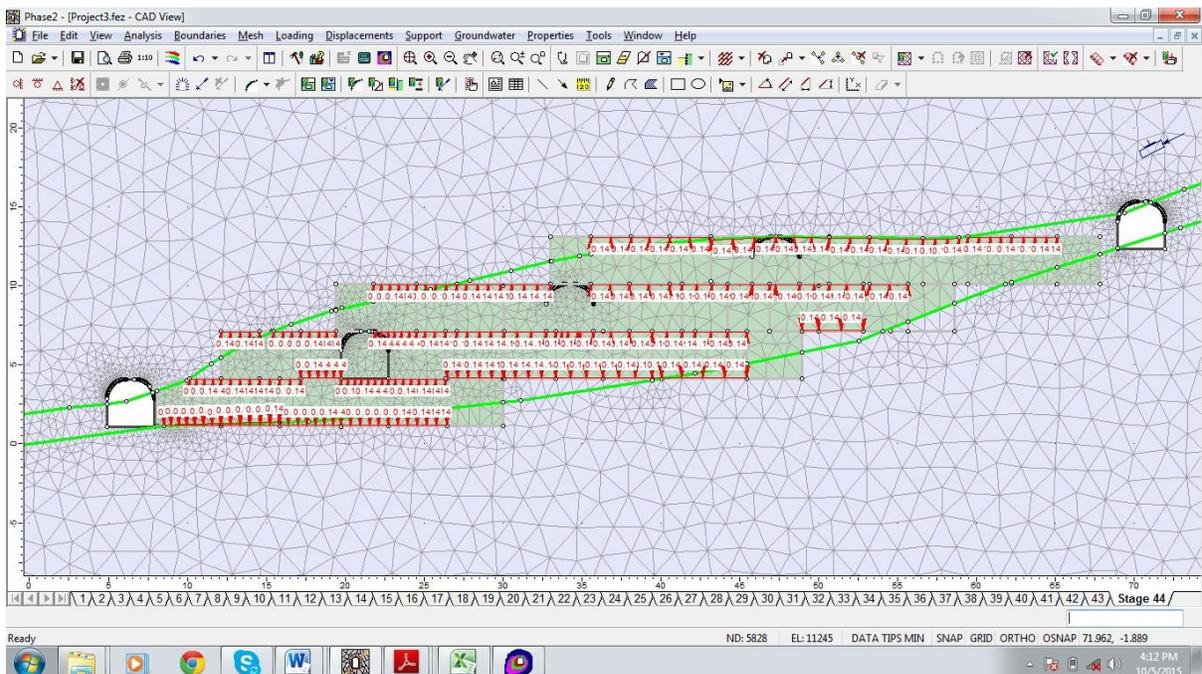




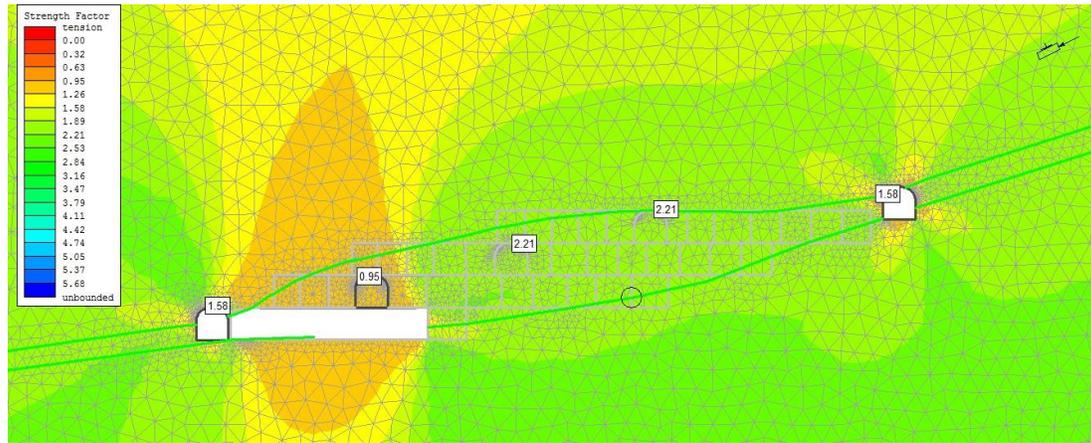
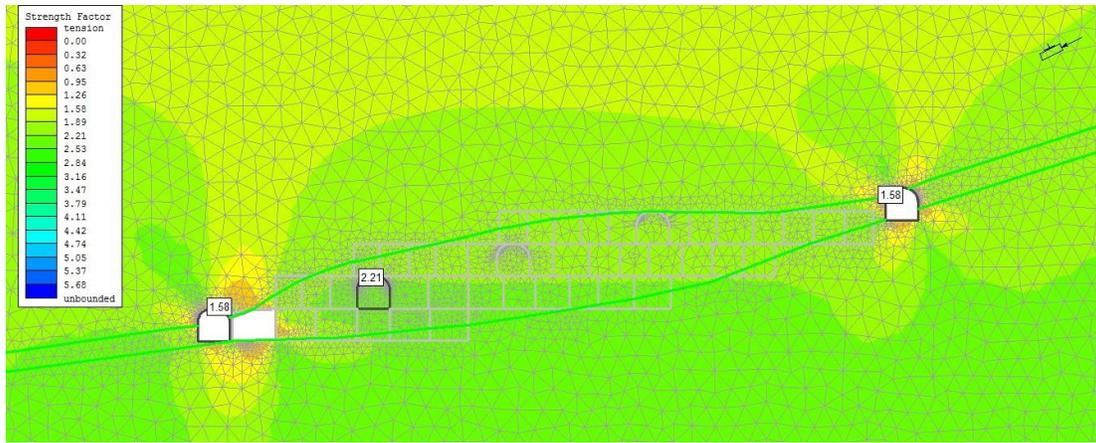
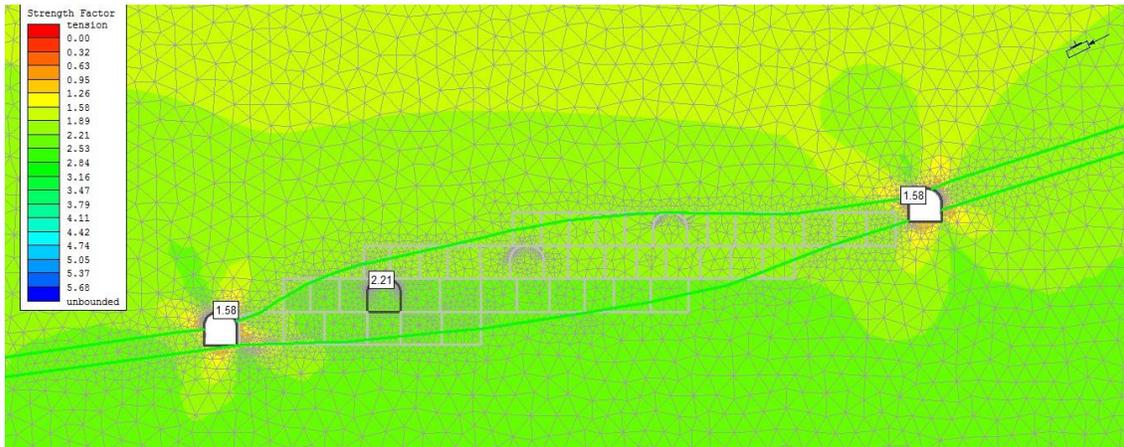
**Figura 38. Distribución de factores de resistencia a medida que se desarrolla el minado por método de corte y relleno ascendente convencional Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSÁ**

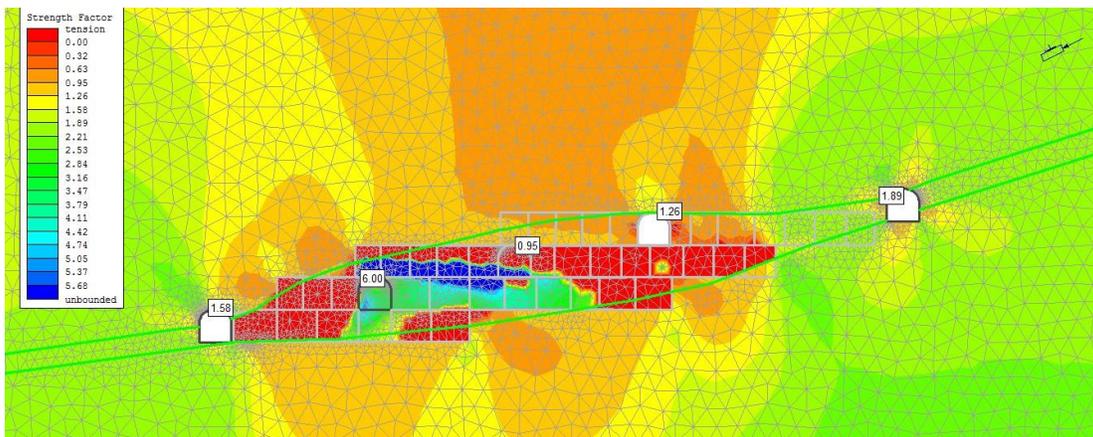
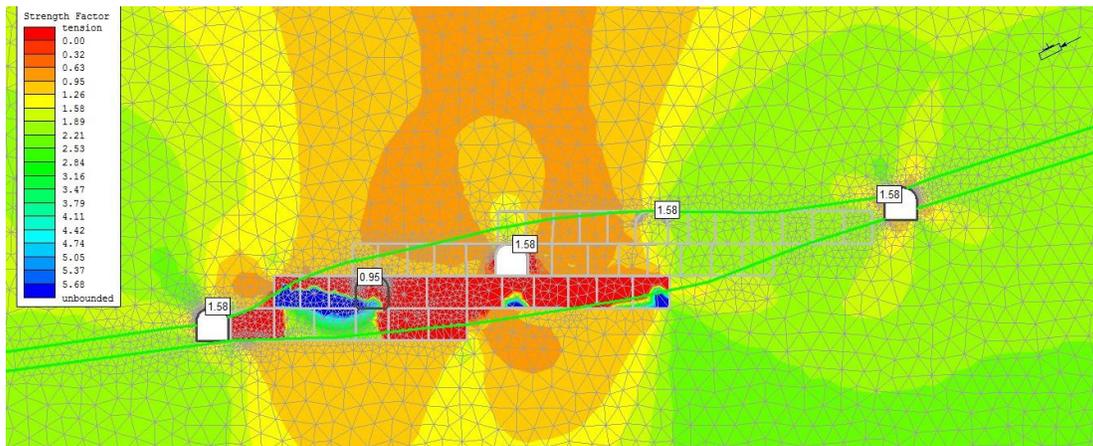
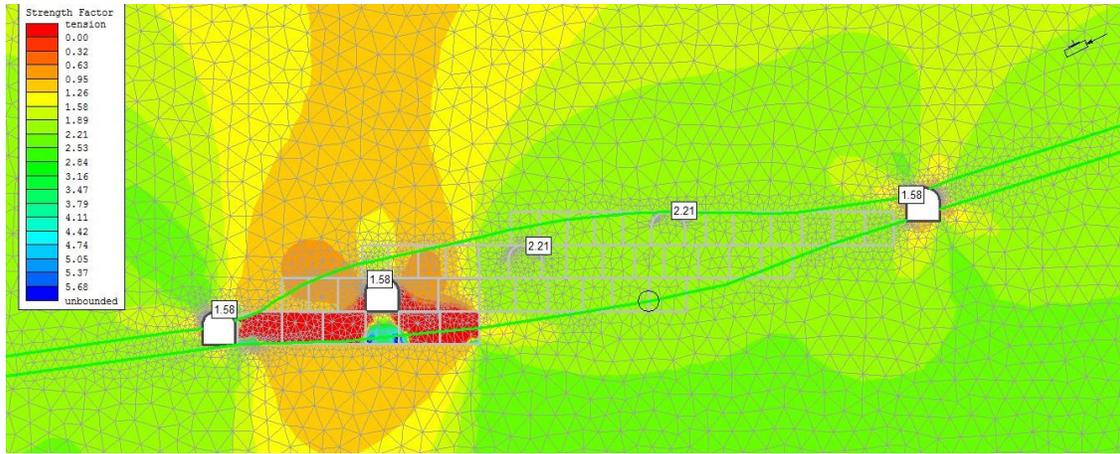
### c) Método de explotación semi mecanizado por cámaras y pilares

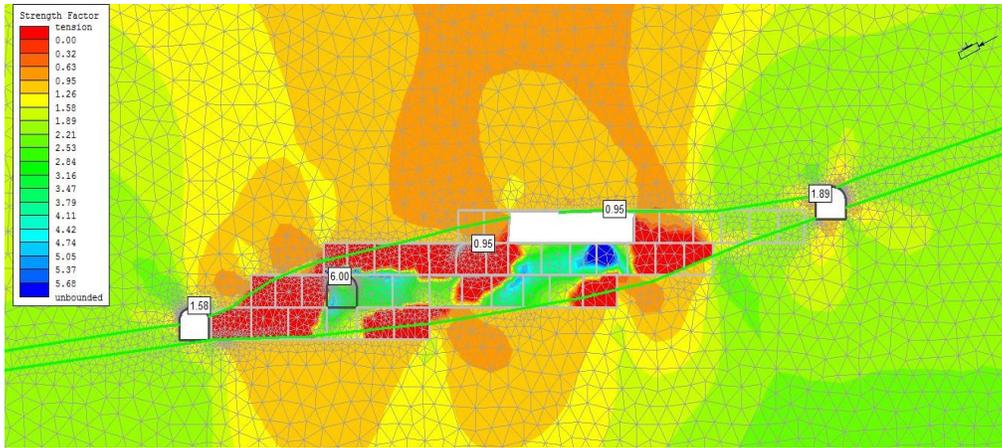
En el caso del minado semimecanizado por cámaras y pilares, las dimensiones del área minada actúan desfavorablemente, con factores de seguridad que varían de 1.26 a 0.95 a medida que se desarrolla el minado. El uso del sostenimiento de soporte, cuadros de madera coadyuvarían a mantener condiciones de estabilidad en este método de explotación. Cabe resaltar, que de acuerdo a la simulación realizada el minado tiene poca significancia en la estabilidad de las galerías principales.



**Figura 39. Modelo de malla de elementos finitos para la simulación del minado semi mecanizado por cámaras y pilares**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**



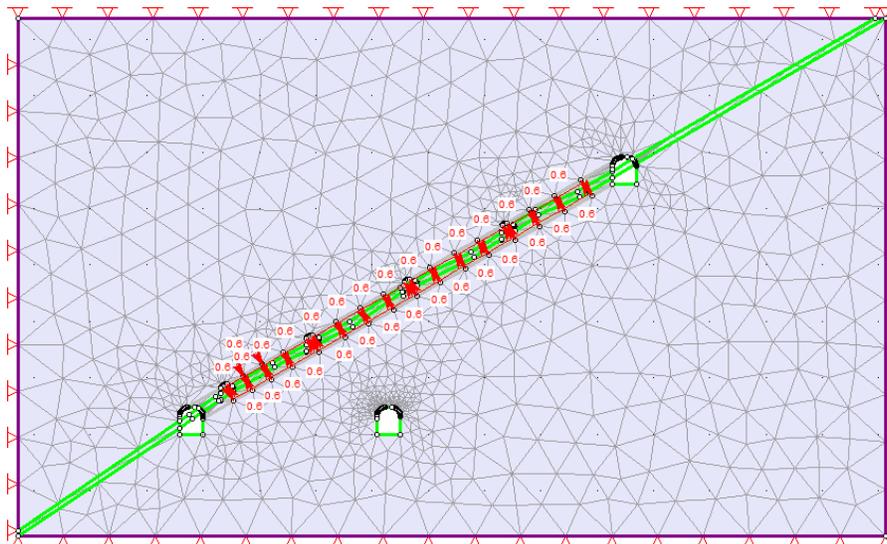




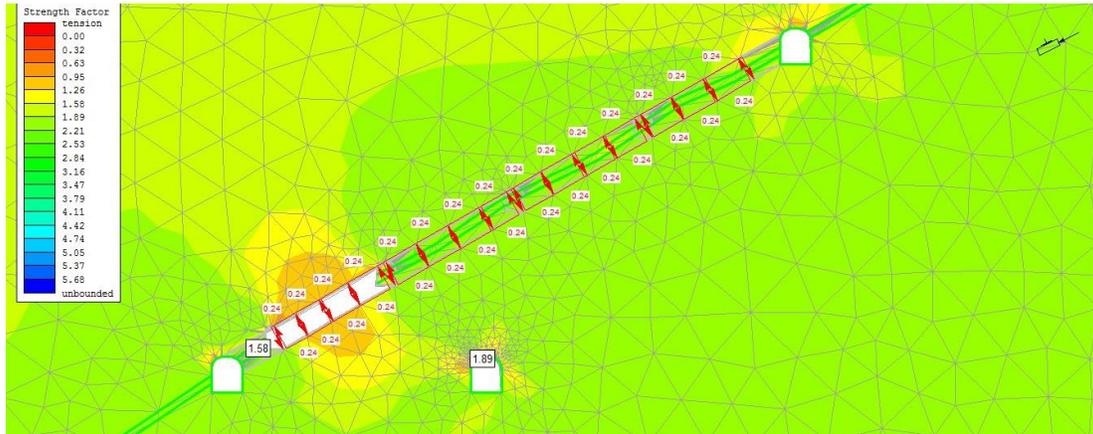
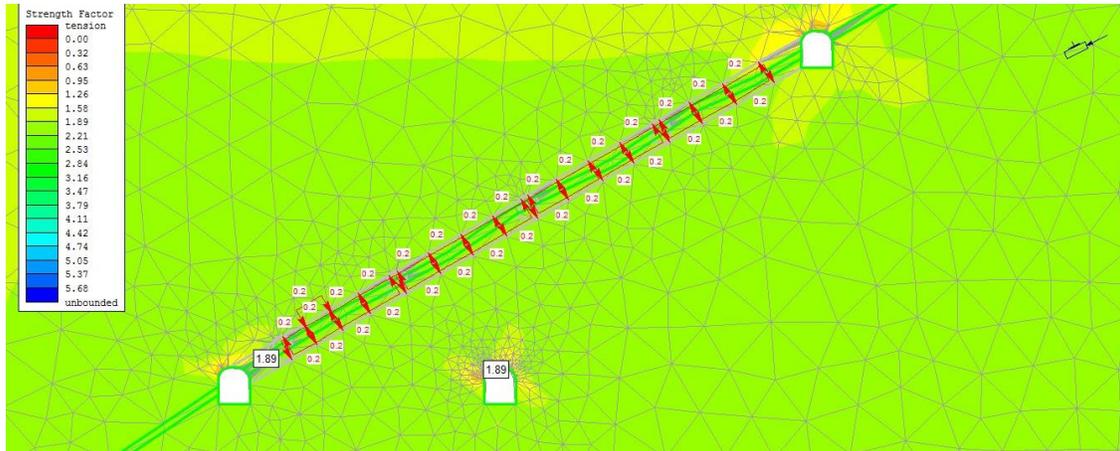
**Figura 40. Distribución de factores de resistencia a medida que se desarrolla el minado por método semi mecanizado de cámaras y pilares**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

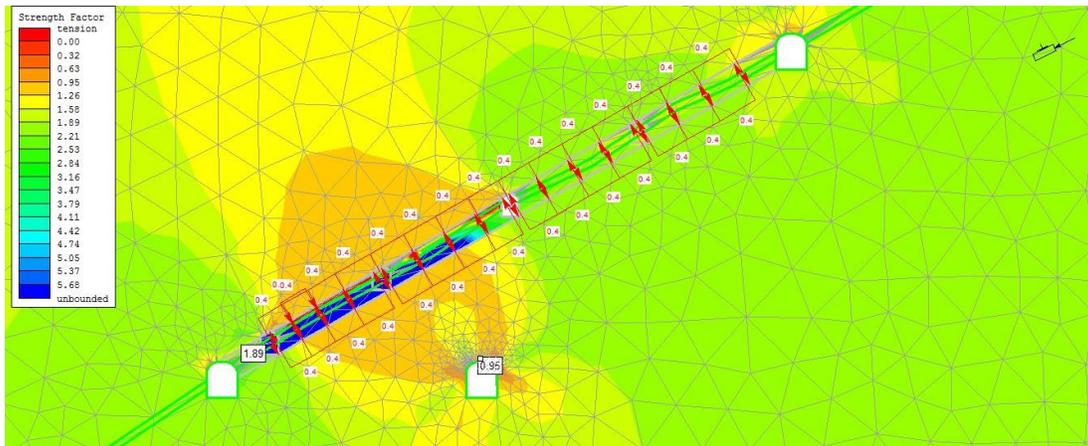
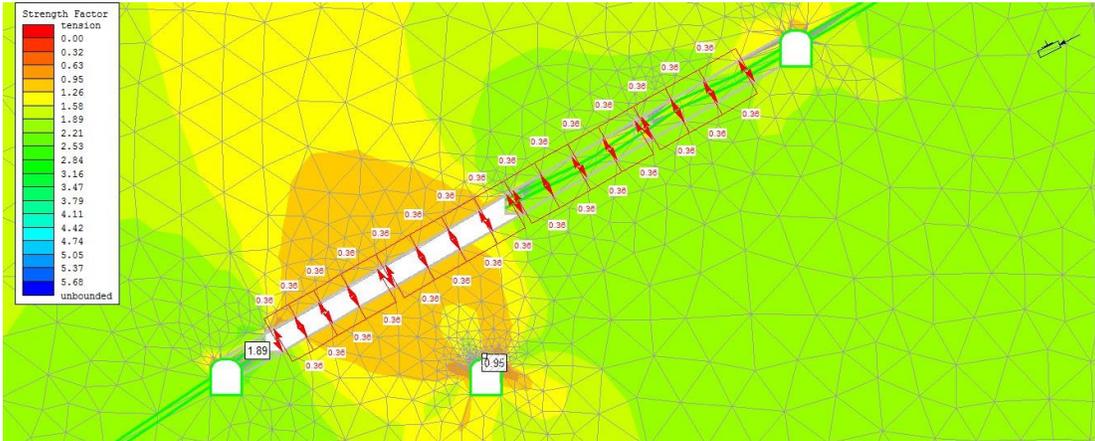
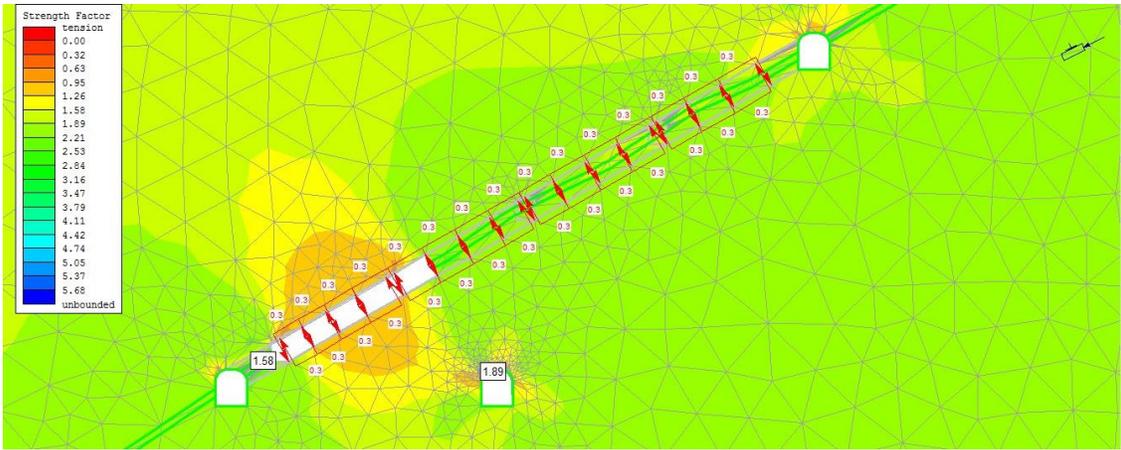
#### **d) Método de explotación Longwall**

Dada las características de la explotación Long Wall, se tienen mayores áreas expuestas sin relleno, lo que podría ocasionar efectos desfavorables con la estabilidad del tajo; sin embargo, queda demostrado que mediante el sostenimiento continuo con madera y relleno después de culminar el block, las condiciones de estabilidad se mantendrán con un factor de seguridad de 1.26.

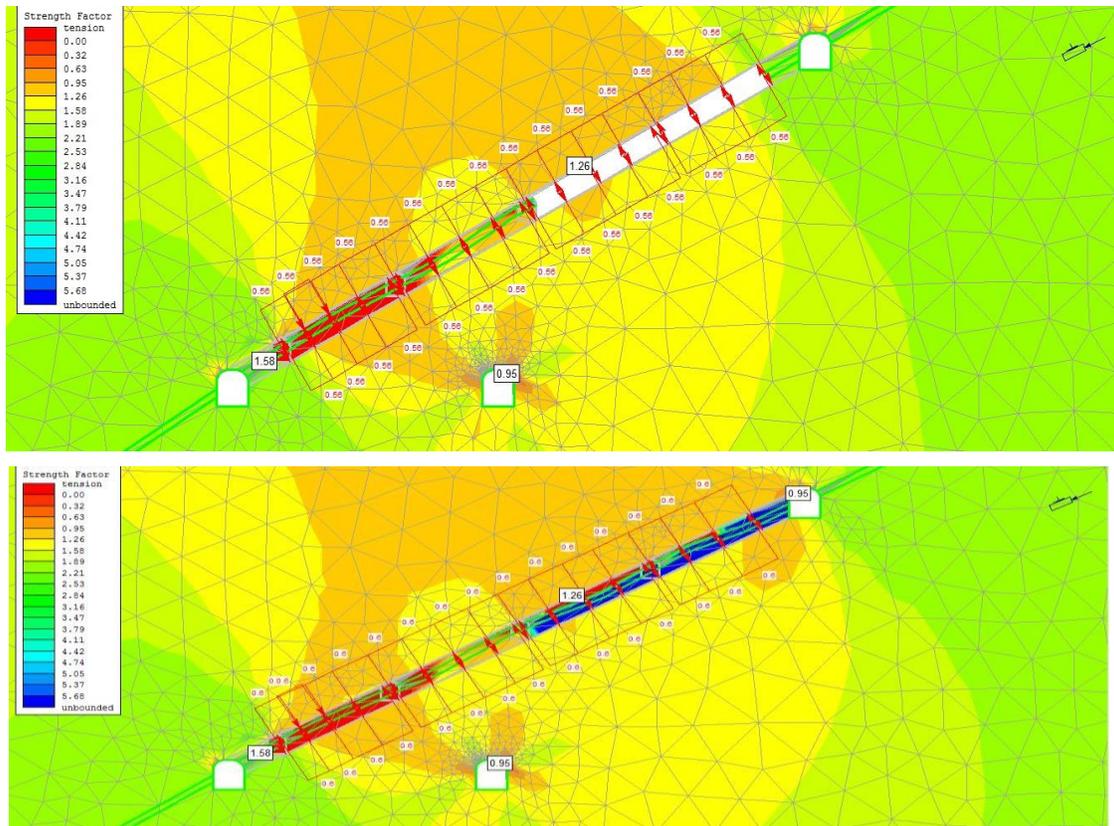


**Figura 41. Modelo de malla de elementos finitos para la simulación del minado por longwall**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**







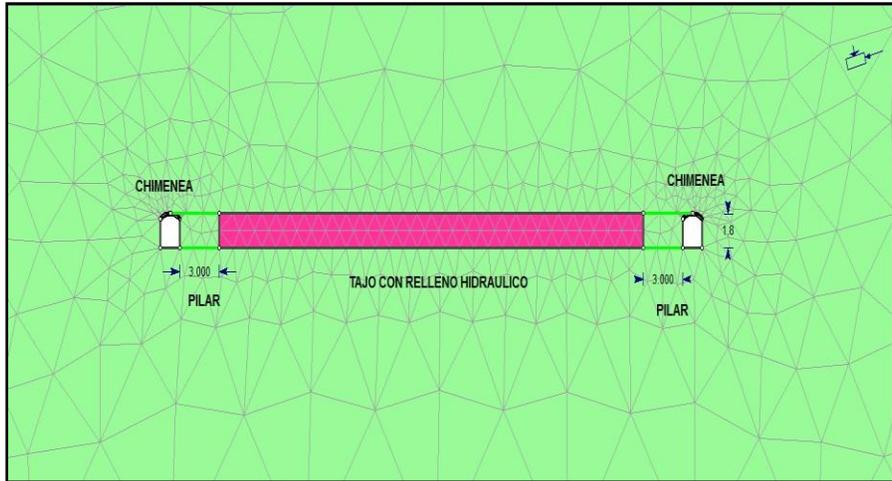


**Figura 42. Distribución de factores de resistencia a medida que se desarrolla el minado por método longwall  
Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

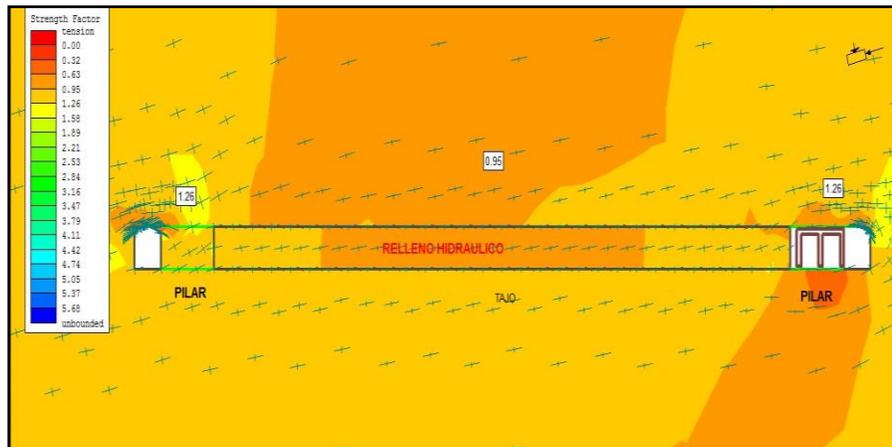
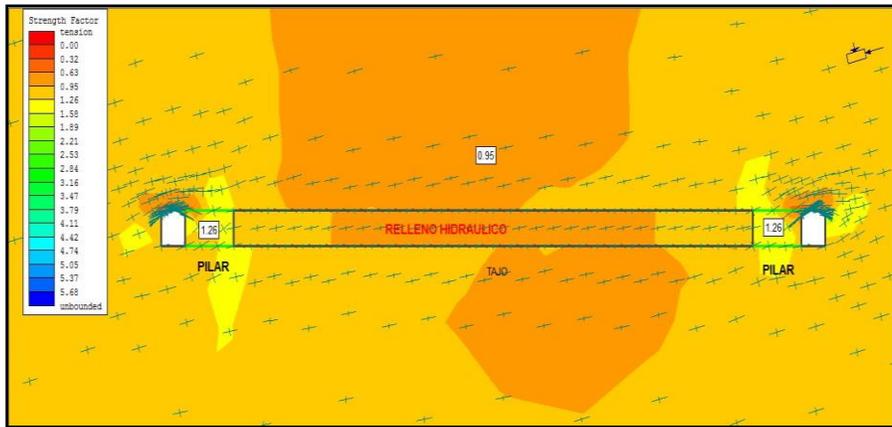
### **e) Método de explotación mediante la recuperación de pilares en tajos (TR)**

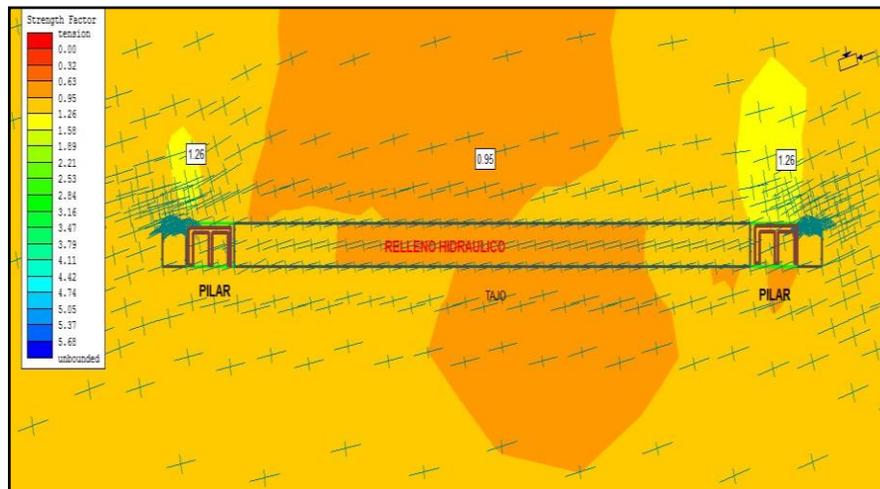
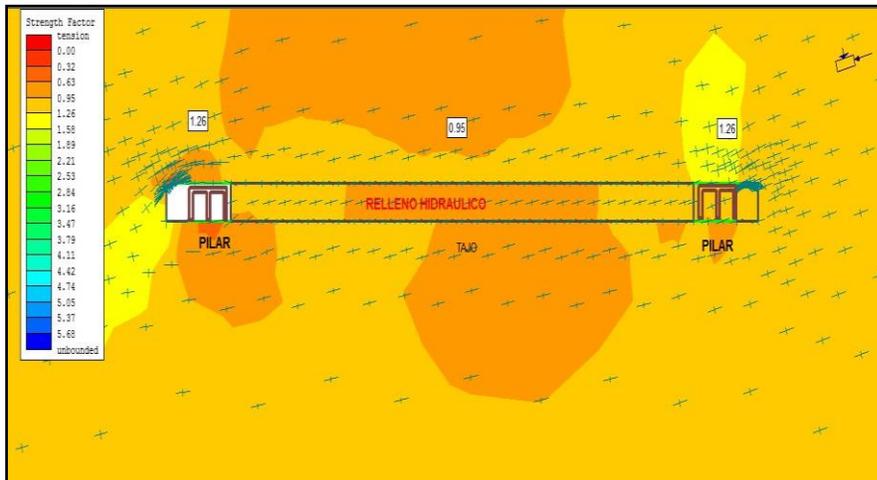
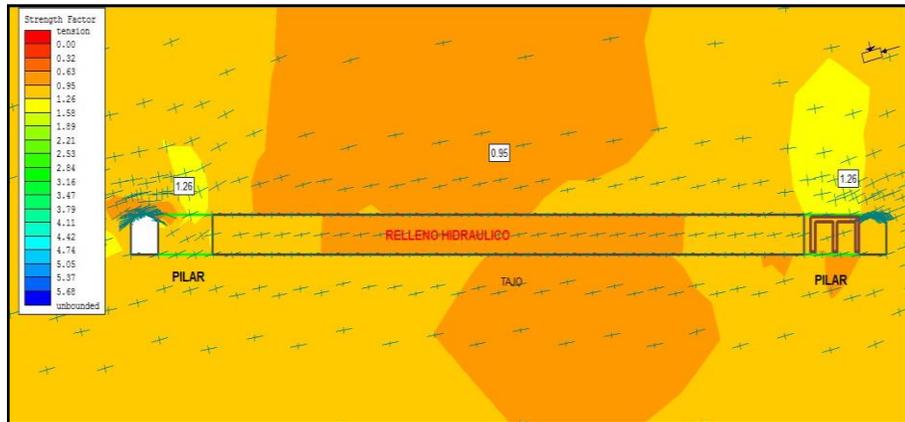
Para determinar la estabilidad de los tajos con recuperación de pilares (TR), se realizó una evaluación geomecánica mediante el método de elementos finitos, para la cual se utilizó el software PHASE2 Versión 8.0.

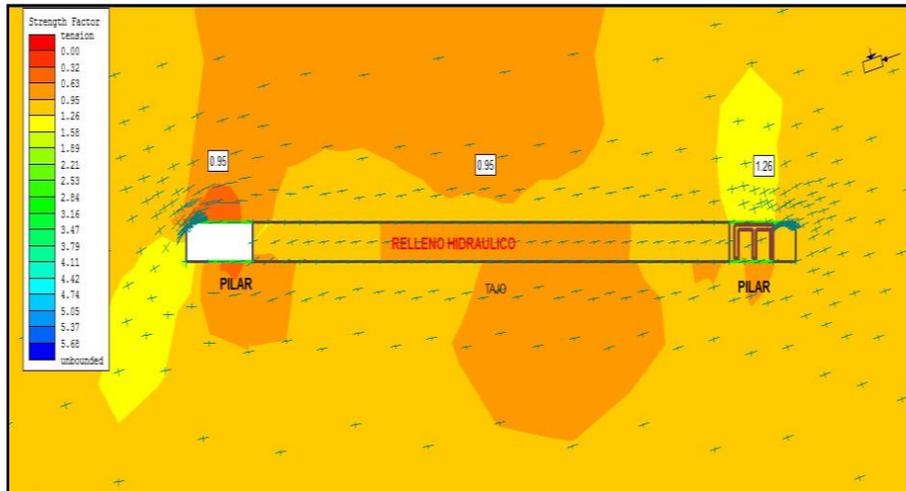
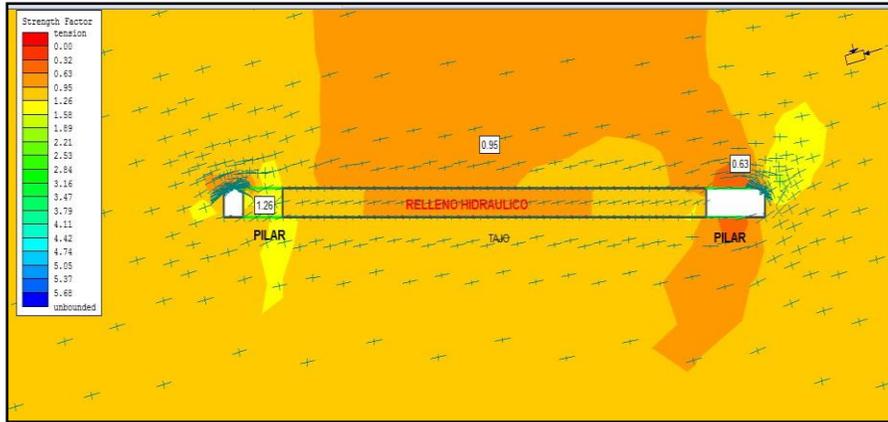
De la simulación realizada, se observa que el factor de resistencia varia de 0.95 a 1.26 a medida que se desarrolla el minado así mismo, la simulación corrobora la acertada respuesta mecánica de los elementos de soporte con cuadros de madera.



**Figura 43. Modelo de malla de elementos finitos para la simulación del minado mediante la recuperación de pilares en tajos (TR)**  
**Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSÁ**







**Figura 44: Distribución de factores de resistencia a medida que se desarrolla el minado por el método mediante la recuperación de pilares  
Tomado del Departamento de Geomecánica mina MARSA**

#### 2.7.4. Plan de minado anual

El plan de minado generado durante el periodo 2019 en la unidad minera Retamas, considera los diferentes sectores de producción como sector Chilcas, Buenos Aires, Gigante y San Andrés. Con una producción promedio mensual de 46,627 toneladas, y una producción promedio diario de 1500 t/d, con una ley promedio de 10.7 gr/t, y un promedio de 499 finos (kg) y una altura de minado de 1.78 metros.

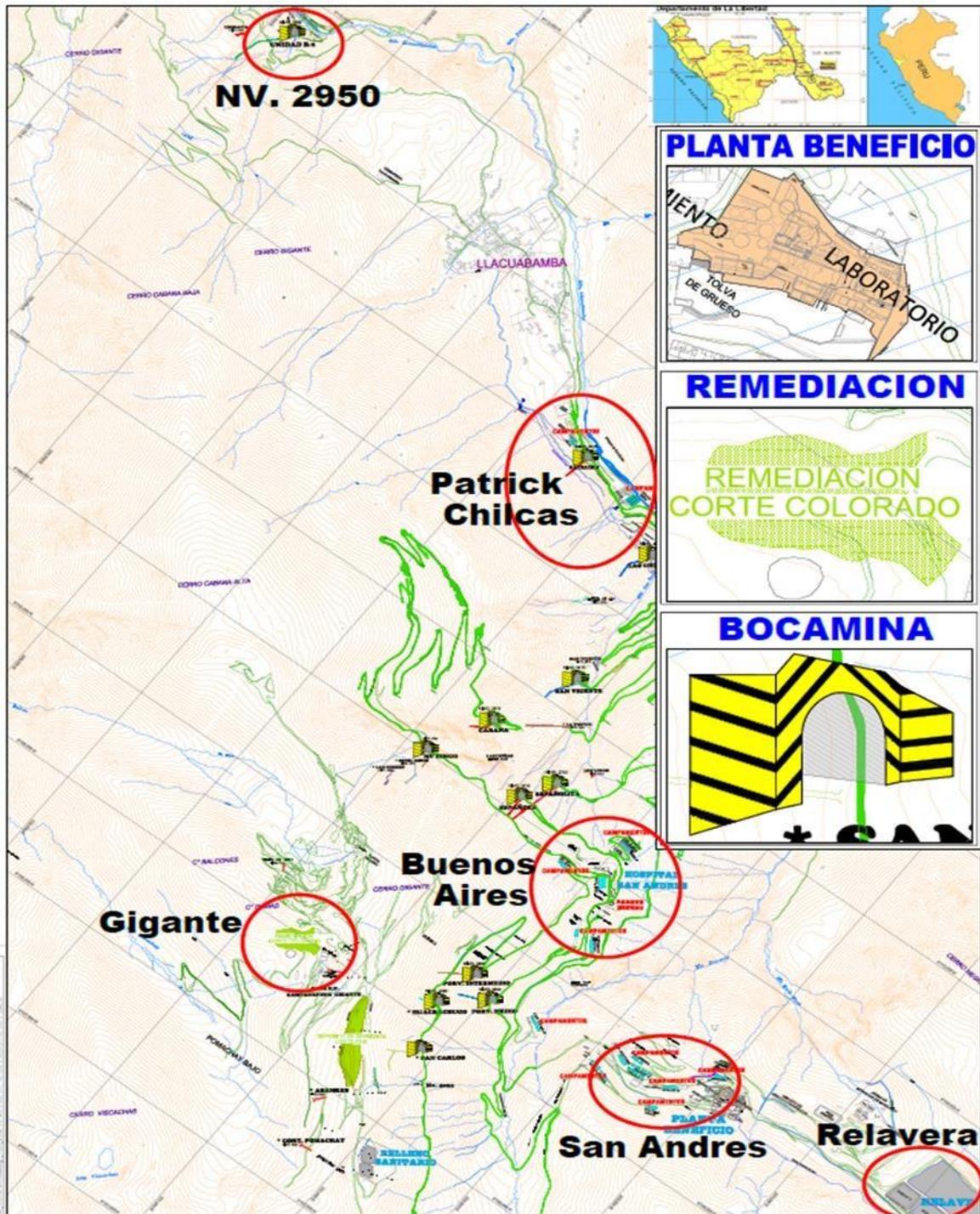


Figura 45. Sectores de producción en la unidad minera Retamas

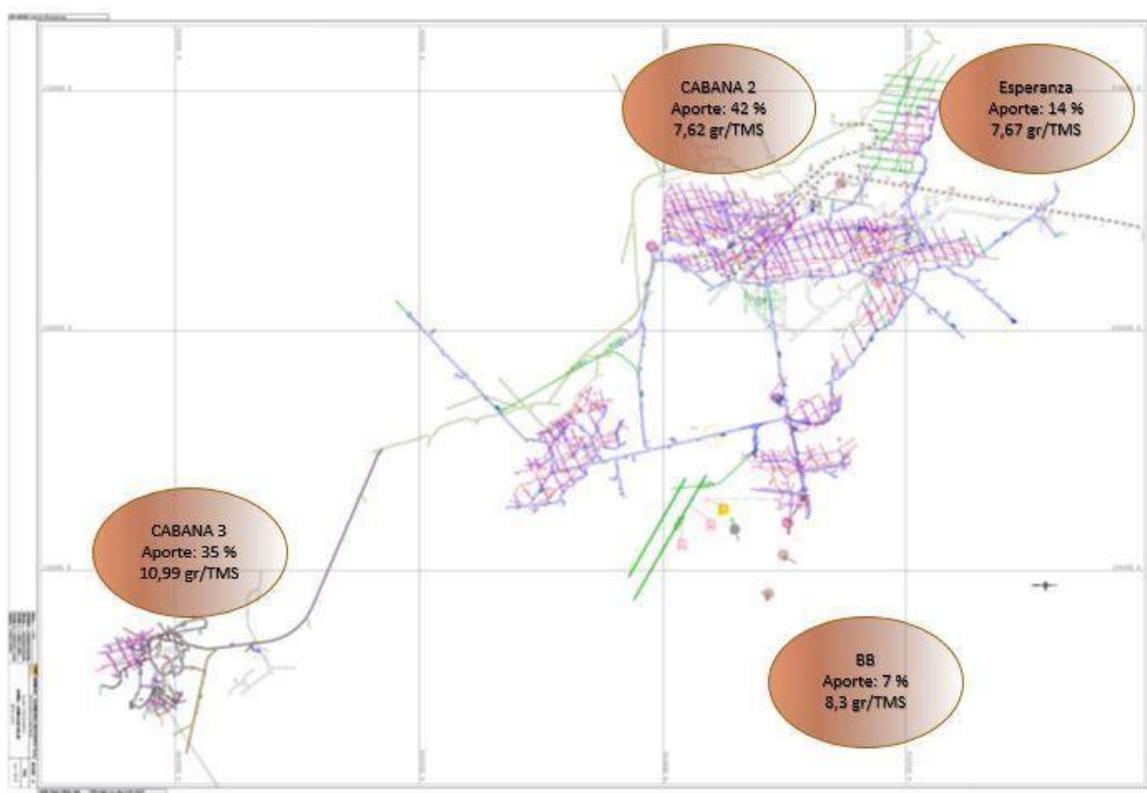
**Tabla 10. Programa de producción sector Chilcas, de la unidad minera Retamas**

		Ene'	Feb'	Mar'	Abr'	May'	Jun'	Jul'	Ago'	Set'	Oct'	Nov'	Dic'	PROM.	TOTAL
ED	m.	1,818	1,782	1,840	1,887	1,884	1,953	1,903	1,897	1,922	1,967	1,786	1,831	1,873	22,470
	# GRUPOS	57	57	57	60	60	61	59	59	60	64	58	61	59	59
	TMS	10,068	8,352	11,366	9,942	10,752	10,459	10,729	10,436	10,540	10,363	9,626	9,733	10,197	122,366
	LEY	6.8	6.7	7.1	7.1	7.2	7.0	7.0	7.0	7.2	7.2	7.4	7.3	7.1	7.1
	FINOS (Kg.)	69.0	55.9	80.8	70.5	77.0	73.6	75.4	73.4	76.1	74.8	71.6	70.6	72.4	868.7
PO	m.	773	698	716	715	783	766	839	798	776	864	694	749	764	9,168
	# GRUPOS	29	27	29	29	30	30	33	30	30	33	27	29	30	30
	TMS	4,093	2,981	3,382	3,282	3,409	3,357	3,640	3,518	3,970	4,139	3,291	3,422	3,540	42,484
	LEY	9.4	9.3	9.3	9.3	9.3	9.2	9.1	9.3	8.9	9.0	9.2	9.1	9.2	9.2
	FINOS (Kg.)	38.5	27.8	31.4	30.5	31.7	30.8	33.2	32.7	35.3	37.3	30.4	31.3	32.6	390.8
TJ	# GRUPOS	118	111	120	122	123	121	123	124	120	124	102	112	118	118
	TMS	32,839	30,707	33,679	33,449	34,040	33,376	34,145	34,600	33,330	34,957	28,442	31,110	32,890	394,674
	LEY	12.3	12.5	12.4	11.9	11.9	11.6	11.7	11.7	12.1	12.0	12.3	11.5	12.0	12.0
	FINOS (Kg.)	403.6	383.4	417.7	397.7	405.1	386.3	401.0	404.0	403.4	419.7	350.0	357.1	394.1	4,729.0
TOTAL	m.	2,591	2,480	2,556	2,602	2,667	2,719	2,742	2,695	2,698	2,831	2,480	2,580	2,637	31,638
	# GRUPOS	204	195	206	211	213	212	215	213	210	221	187	202	207	207
	TMS	47,000	42,040	48,427	46,673	48,201	47,192	48,514	48,554	47,840	49,459	41,359	44,265	46,627	559,524
	LEY	10.9	11.1	10.9	10.7	10.7	10.4	10.5	10.5	10.8	10.8	10.9	10.4	10.7	10.7
	FINOS (Kg.)	511.0	467.1	529.9	498.7	513.8	490.7	509.7	510.0	514.8	531.8	452.0	459.0	499.0	5988.5

El área de estudio involucra el sector Chilcas, con una producción de 8,961 toneladas mensuales con una ley promedio de 14.2 ppm de oro.

En el área de estudio sector Chilcas considera las zonas de Cabana 2, Cabana 3, Esperanza y bb.

El aporte de mineral en el sector Chilcas considera el área de Cabana 2 con un aporte del 42 % de producción y una ley de 7.62 gr/t de Au, el área de Cabana 3 con un aporte del 35 % de producción y una ley de 10.99 gr/t de Au, el área de esperanza con un aporte del 14 % de producción y una ley de 7.67 gr/t de Au y el área BB con un aporte del 7 % de producción y una ley de 8.3 gr/ t de Au.



**Figura 46. Sectores de producción en la unidad minera Retamas**

**Tabla 11. Programa de producción sector Chilcas, de la unidad minera Retamas**

PROGRAMA DE PRODUCCION CHILCAS BAJO (CHB & Chilcas)														
		Ene'	Feb'	Mar'	Abr'	May'	Jun'	Jul'	Ago'	Set'	Oct'	Nov'	Dic'	PR
<b>ED</b>	m.	377	352	392	401	397	407	417	411	417	451	387		
	TMS	1783	1753	2050	2164	2113	2111	2422	2367	2137	2420			
	LEY	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	1			
	FINOS (Kg.)	9.8	9.6	11.2	11.9	11.6	11.6	13.3	13.0	11				
<b>PO</b>	m.	178	162	118	138	173	178	203	188					
	TMS	1069	720	808	776	845	797	815						
	LEY	13,4	11,7	11,7	11,6	11,8	12,7							
	FINOS (Kg.)	8,0	4,9	5,6	5,4	6,0								
<b>TAJOS</b>	TMS	6289	5702	6280	6086									
	LEY	15,6	17,2	17,2										
	FINOS (Kg.)	60,9	55,9											
<b>TOTAL</b>	m.	<b>555</b>												
	TMS													
	LEY													

Durante el periodo 2019, se programaron labores de avance en la zona de Chilcas bajo, sobre la estructura mineralizada Cabana en el nivel 3125, un total de 1215 metros programado, con una potencia de estructura de 0.80 metros, con 12 gr de oro y un total de 30,000 toneladas.



ZONA	NIVEL	VETA	PROG.(m)	TMS	LEY	POT	Au (Kg)
CHILCAS BAJO	3125	Cabana R-3	1215	30,000	12.00	0.80	360
<b>TOTAL:</b>			<b>1215</b>	<b>30,000</b>	<b>12.00</b>	<b>0.80</b>	<b>360</b>

Figura 47. Programa de avance sobre estructura, veta Cabana en la unidad minera Retamas

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **4.1. Método y alcances de la investigación**

##### **4.1.1. Método de la investigación**

Para el presente trabajo de investigación se realizó una investigación de carácter aplicativo con un nivel explicativo, mejorando la productividad mediante la recuperación de pilares de mineral de la veta Cabana. El método aplicado es inductivo-deductivo, siendo el resultado un método que mejore la producción mediante la recuperación de pilares de mineral.

##### **a) Método general**

El método empleado en la presente tesis es de carácter inductivo – deductivo, el cual observa e investiga en detalle los parámetros operacionales, técnicos y económicos. Asimismo, analizar los criterios mencionados en los resultados que se producen en el incremento de la producción. Finalmente, las evaluaciones de los parámetros técnicos económicos, permitirán determinar de qué manera se mejorará la recuperación de pilares de mineral en la explotación de la veta Cabana.

##### **b) Métodos específicos**

Se describirá el mecanismo de recolección y procesamiento de información, donde se determinará las diferentes variables operacionales, aplicando el uso del

método general. Se realizó el análisis e interpretación de los parámetros operacionales de la data que se obtuvo en la observación directa de las variables.

**Recopilación de informes anteriores.** Para analizar la información de las diferentes actividades en la unidad minera, se recopilará toda la data de las áreas de geología, geomecánica, planeamiento, mina, planta y comercial. Se interpretará la información de los diferentes informes de las áreas mencionadas, en los meses anteriores.

**Trabajo de campo.** Se realizó las observaciones pertinentes de mapeo de campo, el análisis de las variables operacionales y cálculo de costo de las labores de recuperación de pilares del método de minado *Cut and Fill*.

**Trabajo de gabinete.** Se analizó los estudios de las diferentes áreas unitarias operacionales y de modelamiento técnico y económico, para realizar finalmente una evaluación económica.

**Resultados.** Se realizó el análisis e interpretación de los en base a la recuperación de pilares de mineral, incrementando la producción de mineral y su valor asociado.

## **4.2. Alcances de la investigación**

El alcance de la presente tesis es considerado de tipo aplicada, bajo los criterios de investigación.

### **a) Tipo de la investigación**

El criterio de investigación de carácter aplicada, utiliza y aplica los diversos conocimientos y conceptos teóricos que se desarrollan en las investigaciones básicas, ya que su uso depende, el análisis e interpretación de los resultados y conclusiones que se obtuvieron. Este análisis se fundamenta en las ciencias básicas, como geología, economía y tecnología. La investigación como ciencia

aplicada se interesa en los estudios geológicos, geo minero metalúrgicos y económicos.

#### **b) Nivel**

El nivel de la investigación que se desarrolló es de tipo explicativo, porque buscará conocer un método que ayude a recuperar los pilares y analizar bajo criterios operacionales y económicos. Los estudios explicativos buscan nuevas respuestas que ayuden a mejorar ciertas deficiencias. La principal utilidad del nivel o alcance explicativo es saber cuáles son las variables que inciden en la recuperación de pilares de mineral.

### **4.3. Diseño de investigación**

El diseño de investigación consistirá en realizar el control técnico económico en la aplicación de recuperación de pilares de mineral en la veta Cabana de minera aurífera Retamas S. A.

#### **4.3.1. Tipo de diseño de investigación**

Se hizo un control y registro de las variables, durante el presente trabajo de investigación se analizarán cambios a través del tiempo. En la investigación no se manipularán o tratarán de alterar a las variables. Solo nos enfocamos en investigar y observar los parámetros operacionales y económicos en la operación minera, luego se analizará económicamente el incremento de la producción producto de la recuperación de pilares en la veta Cabana de minera aurífera Retamas S. A.

**GNO:** 01 (T1, T2, T3, T4)

02 (T1, T2, T3, T4)

**GNO:** 01 y 02

#### **4.4. Población y muestra**

##### **4.4.1. Población**

La población pertenece a minera aurífera Retamas S. A., donde se tienen labores de exploración, desarrollo, preparación y producción.

##### **4.4.2. Muestra**

Se realizará un muestreo no probabilístico, intencionado y por conveniencia, perteneciendo a la veta Cabana – Nivel 3125.

#### **4.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Actualmente existe una diversidad de técnicas e instrumentos de recolección de datos, que está asociada al método y tipo de investigación utilizada.

##### **4.5.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos**

- ✓ Observación de campo
- ✓ Revisión bibliográfica de las diferentes unidades operacionales
- ✓ Recopilación de datos en la recuperación de pilares
- ✓ Manejo y uso de diferentes Softwares

##### **4.5.2. Instrumentos utilizados en la recolección de datos**

- ✓ Software de hoja de cálculos Microsoft Excel
- ✓ Libros físicos y virtuales
- ✓ Bibliografía de internet asociada a recuperación de pilares de mineral
- ✓ Lap Top
- ✓ Softwares estadísticos
- ✓ Otros

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **5.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información**

En el presente capítulo, se presentan y analizan los resultados de la presente tesis, mostrando el análisis económico de la recuperación de pilares de mineral en la veta Cabana, nivel 3125 del sector Chilcas.

##### **5.1.1. Área de estudio – veta Cabana**

El presente trabajo de investigación analiza labores de explotación de pilares en diferentes tajeos minados en la veta Cabana.

El análisis se realizó en la zona Chilcas, nivel 3125, en diferentes tajeos y recuperación de pilares de la veta Cabana, analizando el tonelaje producido, su ley diluida, altura de minado y potencia para realizar el análisis económico respectivo del mineral producido.



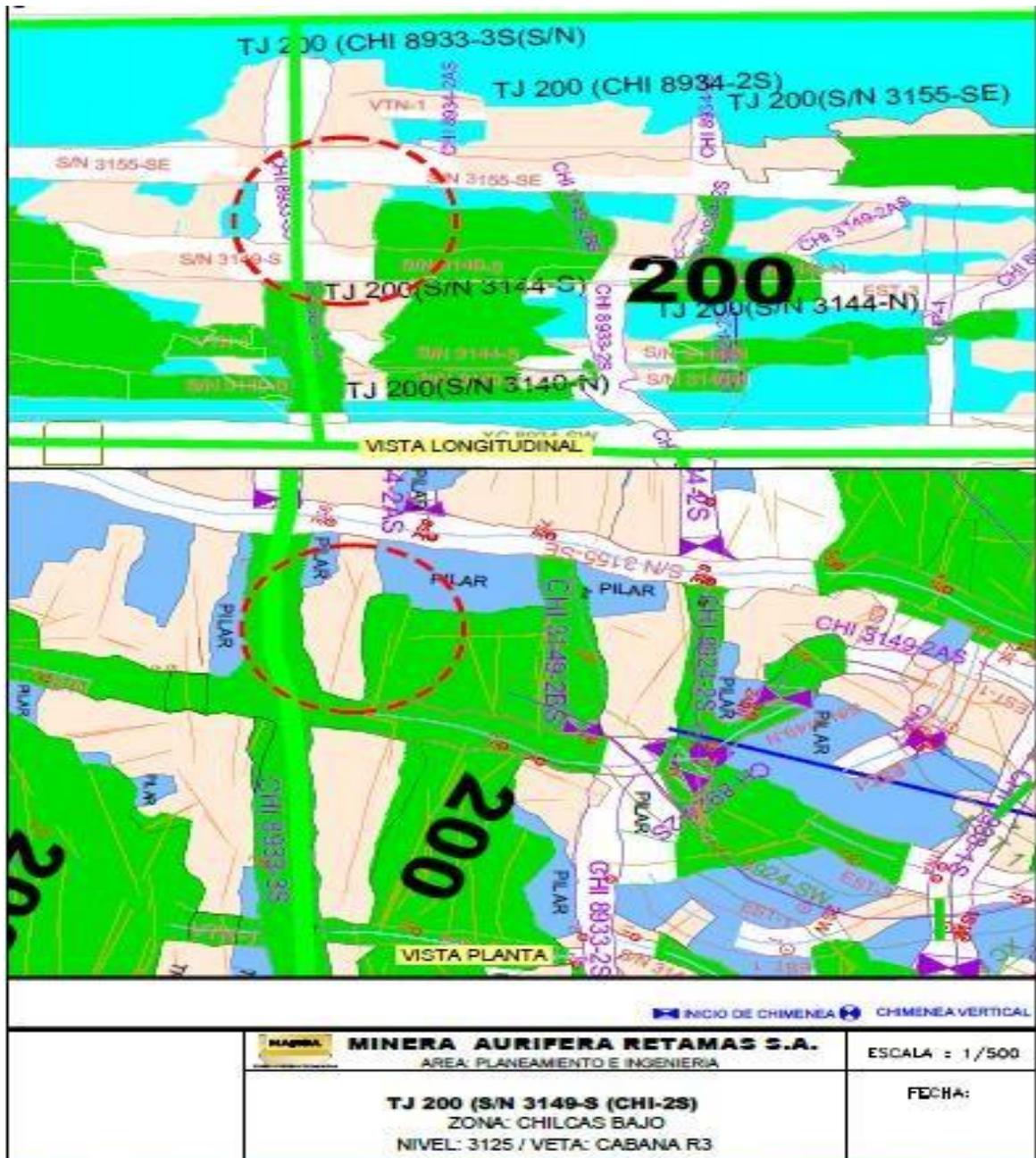


Figura 49. Vista en planta y longitudinal en el Tajo 200 de la veta Cabana en la unidad minera Retamas

### 5.1.2. Procedimiento de explotación tajos – veta Cabana

A continuación, se expone el procedimiento de la explotación de los diferentes tajos con su procedimiento respectivo, se realiza un comparativo entre el método de explotación corte y relleno y el método de explotación *Long Wall*.

**Tabla 12. Datos de campo, TJ 163 (S/N 3165 - N), unidad minera Retamas**

DESCRIPCION	VOLADURA	
	C&R	LONG WALL
Dimensión de corte (m)	3.0 x 1.0	4.0 X 1.0
Número de guardias	2	1
Número de taladros	18	17
Longitud de taladro (m)	1.4	1.2
Malla de perforación (m)	0.3 x 0.5	0.4 x 0.6
Trabajadores por turno	2	3
Tiempo de perforación	01:58:49	01:45:00
Tiempo de limpieza	05:08:12	2:00:00
Tiempo de sostenimiento	01:15:00	0:45:00
Sostenimiento (Puntal)	03	03
Volumen roto (m3)	4.20	4.80
Dilución	31%	33%
Tonelaje (tms)	12.6	14.4
Número de carros	8	9
Rendimiento (ton/taladro)	0.75	0.90
Eficiencia (ton/h- guardia)	3.15	4.8
Producción Mensual (TMS)	378	864

El procedimiento realizado para determinar los indicadores de minado en la recuperación de pilares, en la explotación de los tajos TJ 163 (S/N 3165 - N), TJ 161 (S/N 3165 - S) y TJ 207 (S/N 3151 – S), se detallan a continuación, se describen el seguimiento de los disparos realizados y sus respectivas medidas de control ejecutadas para reducir las alturas de minado de los tajos problema que se identificaron a inicios del periodo de estudio.

**TJ 163 (S/N 3165 - N):**

La labor se dio inicio en la semana, realizando la explotación por el método recuperación de pilares (TC), el sostenimiento de la labor se realiza con cuadros de madera.

**Tabla 13. Datos de campo, TJ 163 (S/N 3165 - N), unidad minera Retamas**

<b>DATOS DE CAMPO</b>											
	SÁB		DOM		LUN		MAR		MIÉ		JUE
	19-10-19		20-10-19		21-10-19		22-10-19		23-10-19		24-10-19
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D
<b>Peso específico de mineral</b>	3.15		3.15		3.15		3.15		3.15		3.15
Ancho del avance (m)	1.68	1.65			1.7	1.72	1.68		1.7		1.67
Largo del avance (m)	1.12	1.13			1.12	1.15	1.1		1.13		1.1
Cartuchos totales de exadit 45% 7/8" x 7"											30
Cartuchos totales de semexa 65% 7/8" x 7"	40	16			30	16	30		30		

Tabla 14. Cuadro de resumen de control en el TJ 163 (S/N 3165 – N)

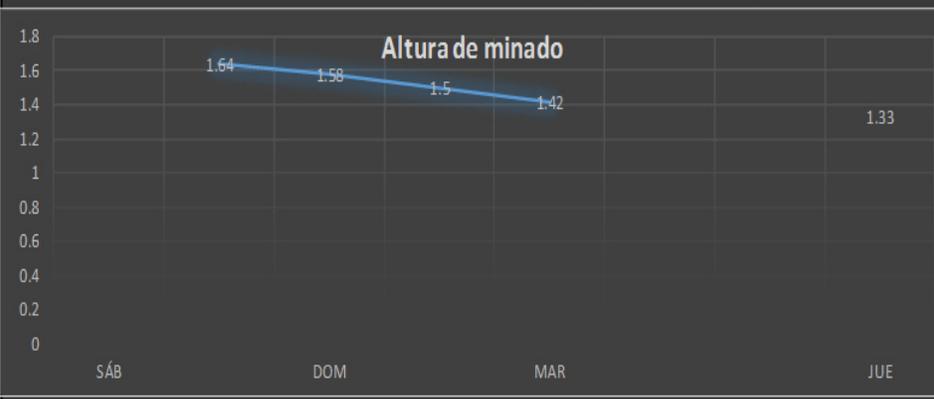
 <small>MINORA ALIQUÍPERA RETAMAS S.A.</small>	CUADRO DE CONTROL SEMANAL DE DILUCIÓN													
DIVISIÓN:	CHILCAS BAJO													
TAJO PROBLEMA:	TJ 163 (S/N 3165-N)				NIVEL:				3125					
ALTURA DE MINADO PROGRAMADA (m):	1.4				POTENCIA DE VETA (m):				0.25					
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:	TC				SOSTENIMIENTO:				PUNTALES JACK POT					
FECHA	SÁB		DOM		LUN		MAR		MIÉ		JUE			
	19-10-19		20-10-19		21-10-19		22-10-19		23-10-19		24-10-19			
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N		
ALTURA DE MINADO EFECTIVA (m)	● 1.64		● 1.58		● 1.55		● 1.5		● 1.42		● 1.35		● 1.33	
														
Taladros de alivio	3		1		1		1		1		1		1	
taladros cargados	8		4		5		4		5		5		5	
Peso del explosivo (kg)	3.24		1.30		2.43		1.30		2.43		2.43		2.28	
Tonelaje roto (ton)	9.72		9.28		9.30		9.35		8.27		8.17		7.70	
Factor de potencia estandar (kg/ton)	0.65		0.65		0.65		0.65		0.65		0.65		0.65	
Factor de potencia real (kg/ton)	0.33		0.14		0.26		0.14		0.29		0.30		0.30	



Figura 50. Cuadro de control de semana de dilución

a) TJ 161 (S/N 3165 - S):

Tabla 15. Datos de campo, TJ 161 (S/N 3165 -S), unidad minera Retamas

DATOS DE CAMPO											
	SÁB		DOM		LUN		MAR		MIÉ		JUE
	19-09-19		20-09-19		21-09-19		22-09-19		23-09-19		24-10-19
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D
Peso específico de mineral	3.15		3.15		3.15		3.15		3.15		3.15
Ancho del avance (m)					1.8	1.77	1.7	2.14			
Largo del avance (m)					1.14	1.53	1.56	1.52			
Cartuchos totales de exadit 45% 7/8" x 7"					32	24	20	24			
Cartuchos totales de semexa 65% 7/8" x 7"							20				

Tabla 16. Cuadro de resumen de control en el TJ 161 (S/N 3165 – S)

	CUADRO DE CONTROL SEMANAL DE DILUCIÓN																							
DIVISIÓN:	CHILCAS BAJO																							
TAJO PROBLEMA:	TJ 161 (S/N 3165-S)				NIVEL:				3125															
ALTURA DE MINADO PROGRAMADA (m):	1.3				POTENCIA DE VETA (m):				0.57															
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:	TR				SOSTENIMIENTO:				CUADROS DE MADERA															
FECHA	SÁB 19-09-19		DOM 20-09-19		LUN 21-09-19		MAR 22-09-19		MIÉ 23-09-19		JUE 24-10-19													
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D													
ALTURA DE MINADO EFECTIVA (m)																								
	<table border="1"> <tr> <td></td> <td>1.66</td> <td>1.52</td> <td>1.46</td> <td>1.34</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>													1.66	1.52	1.46	1.34							
	1.66	1.52	1.46	1.34																				
Taladros de alivio					3	1	2	1																
taladros cargados					8	6	8	6																
Peso del explosivo (kg)					2.43	1.82	3.14	1.82																
Tonelaje roto (ton)					10.73	12.97	12.20	3.00																
Factor de potencia estandar (kg/ton)					0.45	0.45	0.45	0.45																
Factor de potencia real (kg/ton)					0.23	0.14	0.26	0.61																



Figura 51. Cuadro de control de semana de dilución

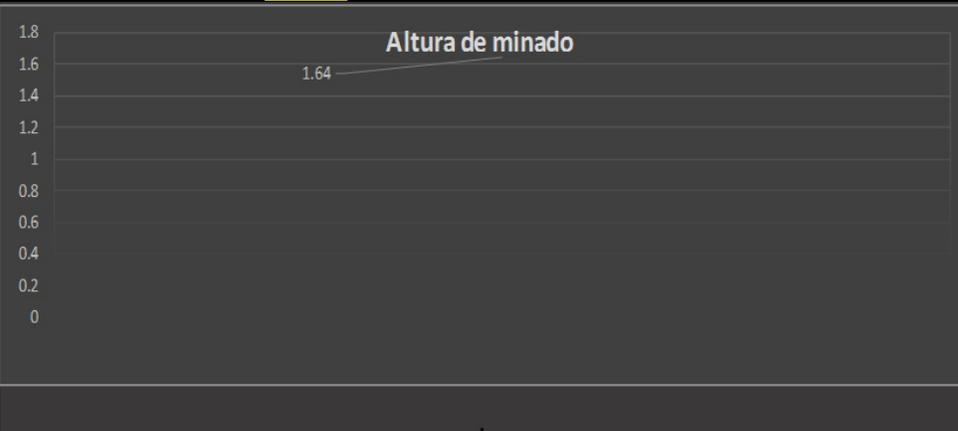
**b) TJ 207 (S/N 3151 – S):**

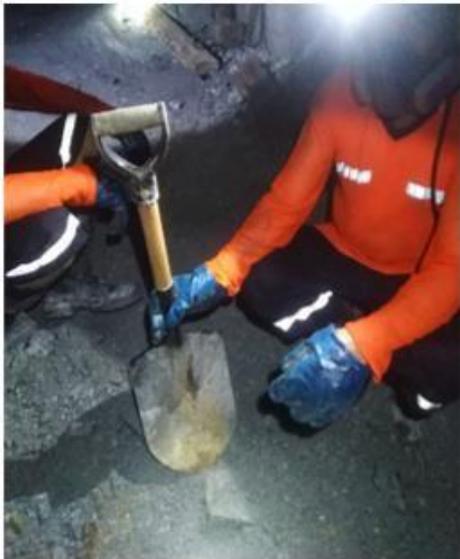
El tajo se viene explotando por el método cámaras y pilares (TC), el sostenimiento se realiza con puntales *Jack pot*.

Tabla 17. Datos de campo, TJ 207 (S/N 3151 -S), unidad minera Retamas

DATOS DE CAMPO												
	SÁB		DOM		LUN		MAR		MIÉ		JUE	
	19-10-19		20-10-19		21-10-19		22-10-19		23-10-19		24-10-19	
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	
Peso específico de mineral	3.15		3.15		3.15		3.15		3.15		3.15	
Ancho del avance (m)			1.78									
Largo del avance (m)			1.5									
Cartuchos totales de exadit 45% 7/8" x 7"			7									
Cartuchos totales de semexa 65% 7/8" x 7"												

Tabla 18. Cuadro de resumen de control en el TJ 161 (S/N 3165 – S)

	CUADRO DE CONTROL SEMANAL DE DILUCIÓN											
DIVISIÓN:	CHILCAS BAJO											
TAJO PROBLEMA:	TJ 207 (S/N 3151-S)				NIVEL:				3125			
ALTURA DE MINADO PROGRAMADA (m):	1.3				POTENCIA DE VETA (m):				0.6			
MÉTODO DE EXPLOTACIÓN:	TC				SOSTENIMIENTO:				PERNO SPLIT SET			
FECHA	SÁB		DOM		LUN		MAR		MIÉ		JUE	
	19-10-19		20-10-19		21-10-19		22-10-19		23-10-19		24-10-19	
	D	N	D	N	D	N	D	N	D	N	D	D
ALTURA DE MINADO EFECTIVA (m)												
												
Taladros de alivio					1							
taladros cargados					4							
Peso del explosivo (kg)					0.53							
Tonelaje roto (ton)					13.79							
Factor de potencia estandar (kg/ton)					0.25							
Factor de potencia real (kg/ton)					0.04							

<p>FRENTE DEL TAJO CARGADO Y TALADROS DE ALIVIO EN EL ARRANQUE.</p>	<p>SE IMPLEMENTÓ LAMPAS DE 0.60 m EN DICHA LABOR PARA FACILITAR LA LIMPIEZA DE LA CARGA PRODUCTO DEL DISPARO.</p>
	

<p>LIMPIEZA EN LA CONTRASTA DE 36" - WINCHE 15 HP</p>	<p>SOSTENIMIENTO CON WOOD CRIB 2x2</p>
	

*Figura 52. Cuadro de control de semana de dilución*

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ Se han reducido la altura de minado en los 3 tajos que se hizo el seguimiento.
  
- ✓ Utilizando los explosivos de baja densidad (exadit 45 %) se ha controlado la altura de minado.
  
- ✓ Haciendo uso de los taladros de alivio obtenemos resultados positivos en el control de la altura de minado programada.
  
- ✓ Los tajos en recuperación de pilares, las cajas techo quedaron muy afectados por lo que serán muy difíciles de controlar al 100%, se sugiere una nueva reevaluación geomecánica del macizo rocoso.

### **5.1.3. Producción de mineral de tajos veta Cabana – sector Chilcas**

La producción de mineral de los diferentes tajeos de la veta Cabana, nivel 3125 se realizó durante el periodo diciembre 2019 a junio 2020, sin considerar el mes de mayo por efectos de la situación de salud actual del país.

Se consideró el análisis de la producción de mineral de los diferentes tajeos mediante los métodos de minado corte y relleno ascendente y *Long Wall*, y la producción de mineral producto de la recuperación de pilares durante el mismo periodo de estudio, considerando algunas restricciones de operación por las condiciones de salud antes mencionada.

Asimismo, se realizará la evaluación económica de lo producido en el sector Chilcas, veta Cabana, nivel 3125 por los diferentes métodos de explotación y lo producido en la recuperación de pilares, durante el periodo diciembre 2019 a junio 2020.

a) Producción de mineral - Tajeos

Como se describe líneas arriba, los métodos de minado asociado a la producción durante el presente estudio son el *Cut and Fill* y *Long Wall*, la producción asociada al periodo de estudio se presenta a continuación.

**Tabla 19. Producción de mineral tajeos, periodo diciembre 2019, veta Cabana, nivel 3125**

MES	LABOR	MET	TMS TOTAL	POT	ALTURA MINADO	TMS DILUIDAS	LEY DIL.	DIL %	Mineral a Pagar (m3)
dic-19	TJ 207 (S/N 3141-S)	TL	346	0.43	1.30	310.00	15.03	66.92	103.3
dic-19	TJ 207 (S/N 3151-S)	TL	133	0.47	1.30	127.00	5.01	63.85	42.3
dic-19	TJ 207 (S/N 3160-S)	TL	207	0.53	1.30	183.00	18.37	59.22	61.0
dic-19	TJ 206 (S/N 3141-S)	TL	247	0.50	1.30	200.00	14.83	61.53	60.2
dic-19	TJ 206 (S/N 3160-S)	TE	230	0.60	1.30	205.00	15.61	53.84	61.7
dic-19	TJ 204 (S/N 3147-N)	TR	203	0.58	1.40	165.00	7.80	58.55	49.7
dic-19	TJ 205 (S/N 3141-S)	TR	314	0.42	1.40	63.00	13.82	80.33	19.0
dic-19	TJ 361 (SN-3163-S)	TC	163	0.20	1.40	232.00	6.04	85.85	69.9
dic-19	TJ 161 (S/N 3155-N)	TR	106	1.24	1.44	110.00	83.03	13.82	33.1
dic-19	TJ 162 (S/N 3167-N)	TR	101	1.36	1.56	117.00	34.42	13.62	35.2
dic-19	TJ 163 (SN 3167-S)	TL	287	0.60	1.30	272.00	23.37	53.84	81.9
dic-19	TJ 163 (SN 3168-N)	TL	50	0.60	1.30	38.00	10.99	53.86	11.4
dic-19	TJ 162 (S/N 3155-S)	TE	270	0.30	1.30	248.00	14.98	13.62	74.7
dic-19	TJ 163 (S/N 3155-S)	TE	270	0.21	1.30	279.00	6.35	83.84	84.0
dic-19	TJ 164 (SN 3149-S)	TC	159	0.45	1.40	93.00	27.68	59.11	28.0
dic-19	TJ 164 (SN-3155-S)	TE	85	0.55	1.30	256.00	13.21	69.60	77.1
dic-19	TJ 165 (SN 3165-S)	TL	95	0.65	1.30	222.00	22.12	63.57	66.9
dic-19	TJ 165 (SN 3143-S)	TE	696	0.35	1.30	310.00	18.46	73.08	93.4
dic-19	TJ 165 (SN 3141-N)	TL	1,135	0.26	1.30	310.00	11.82	80.00	93.4
dic-19	TJ 300 (S/N 3092-S)	TE	61	0.30	1.30	80.00	5.97	76.92	24.1
dic-19	TJ 390 (S/N 3040-S)	TC	199	0.60	1.40	210.00	5.83	57.14	63.3
dic-19	TJ 392 (S/N 3040-S)	TE	95	0.40	1.30	96.00	6.11	69.23	28.9
dic-19	TJ 394 (S/N 3040-N)	TR	127	0.50	1.40	130.00	6.69	64.29	39.2
PROMEDIO - TOTAL			5,580	0.49	1.33	4,256.00	15.79	61.63	1301.85

**Tabla 20. Producción de mineral tajeos, periodo enero 2020, veta Cabana, nivel 3125.**

Mes	Labor	Método	Pot Veta	Alt. Minado	TMS Dil	Ley Dil	% Dil	Mineral a Pagar (m3 In situ)
Enero	394 (S/N 3040-N(CHI)	TE	0.49	1.65	35	6.00	58.93%	12.2
Enero	2021 (CHI10510-16N(SN)	TE	0.40	1.97	248	4.05	76.85%	62.4
Enero	205 (S/N 3141-S (CHI)	TR	0.61	1.93	136	6.08	59.38%	40.4
Enero	161 (EST 2(CHI - 2S)	TR	1.20	1.91	75	85.89	23.08%	19.5
Enero	161 (S/N 3155-N(CH2SE)	TR	0.97	2.08	44	37.90	21.40%	15.5
Enero	162 (S/N 3155-S(CH)	TE	0.33	1.36	129	19.02	69.63%	47.2
Enero	162 (S/N3165-S (CHI)	TE	1.03	2.06	128	44.15	29.83%	35.5
Enero	163 (S/N 3157-S (CHI)	TE	0.33	1.37	149	18.25	67.80%	54.3
Enero	304-A (CHI 10514-17N(GL)	TE	0.42	1.60	322	5.32	68.05%	102.8
Enero	163 (S/N 3155-S(CH)	TE	0.25	1.45	43	17.08	67.68%	21.3
Enero	207 (S/N 3141-S (CHI)	TE	0.61	1.94	47	10.25	65.26%	10.8
Enero	207 (S/N 3141-S (CHI)	TL	0.77	1.65	214	25.34	43.69%	61.2
Enero	207 (S/N 3151-S(CHI)	TE	0.46	1.62	33	6.84	40.27%	17.1
Enero	163 (S/N 3168-N(CHI6S)	TL	0.43	2.05	279	4.40	73.49%	68.7
Enero	164 (S/N 3155S ( CHI)	TE	0.76	1.80	53	27.11	35.17%	18.5
Enero	164 (S/N 3157-S(CHI7S)	TC	0.58	1.67	175	27.47	47.63%	66.3
Enero	164 (S/N 3157-S(CHI7S)	TL	0.52	1.17	114	25.88	51.17%	37.4
Enero	390 (S/N 3040-S(CHI5N)	TC	0.35	2.05	81	5.01	75.17%	23.6
Enero	390 (S/N 3040-S(CHI5N)	TE	0.62	1.59	120	11.71	30.85%	51.9
Enero	100-A (GAL 9004-N (RPAC)	TZ	0.15	1.19	43	18.06	76.86%	12.2
Enero	391-A (CHI 10294-5N (GL)	TC	0.50	1.32	28	6.28	57.70%	10.5
Enero	391-A (CHI 10294-5N (GL)	TE	0.45	1.33	84	9.34	46.60%	40.5
Enero	163 (CHI 8995-5S (CH)	TE	0.23	1.05	63	32.15	51.64%	40.4
Enero	165 (S/N 3141-N (CHI)	TL	0.20	0.84	103	19.76	57.54%	54.6
Enero	165 (S/N3143-S(CHI)	TC	0.44	1.93	55	17.78	47.52%	28.9
Enero	165 (S/N3143-S(CHI)	TE	0.64	1.89	79	22.85	26.26%	37.5
Enero	390-A (CHI 10294-5N (GL)	TC	0.18	2.13	117	0.72	90.08%	27.0
Enero	390-A (CHI 10294-5N (GL)	TE	0.29	1.33	109	3.94	74.75%	38.5
Enero	302 (S/N 3103S(CHI17N)	TE	0.64	2.00	26	4.59	63.72%	6.0
Enero	164 (S/N 3149-S(CHI7S)	TE	0.33	1.10	17	34.47	52.25%	7.7
Enero	165 (S/N 3165-S (9S))	TL	0.34	0.94	78	50.99	32.20%	43.5
Enero	207 (S/N3160-S (CHI)	TC	0.66	1.34	54	34.60	44.70%	17.1
Enero	207 (S/N3160-S (CHI)	TL	0.55	1.50	210	21.17	49.09%	75.0
Enero	162 (S/N 3150-N (CH)	TC	0.55	1.35	59	41.32	20.86%	35.7
Enero	162 (S/N 3150-N (CH)	TL	0.29	1.23	59	10.31	74.54%	20.6
Enero	162 (S/N 3160-S(CH1SE)	TE	0.30	2.15	77	9.78	77.88%	22.2
Enero	164 (S/N 3167N (CHI)	TC	0.45	1.54	66	10.87	64.79%	22.1
Enero	164 (S/N 3167N (CHI)	TL	0.70	1.18	115	12.64	20.26%	48.0
Enero	166 (S/N 3141S ( CHI)	TL	0.34	1.21	149	32.19	59.62%	66.5
PROMEDIO - TOTAL			0.56	1.51	4,015	18.09	56.26%	1,421.2

**Tabla 21. Producción de mineral tajeos, periodo febrero 2020, veta Cabana, nivel 3125**

Mes	Labor	Método	Pot Veta	Alt. Minado	TMS Dil	Ley Dil	% Dil	Mineral a Pagar (m3 In situ)
Febrero	650-A (CHI 10625-19N(GL))	TE	0.81	1.66	111	7.17	40.59%	33.0
Febrero	2021 (CHI10510-16N(SN))	TE	0.38	1.54	221	3.52	64.45%	92.4
Febrero	90-A (S/N 3098-N (INA))	TC	0.63	1.47	69	55.05	12.70%	41.4
Febrero	205 (S/N 3141-S (CHI))	TE	0.39	1.92	148	25.80	53.63%	71.0
Febrero	394 (S/N 3049-N (CHI))	TE	0.34	1.22	177	11.62	52.78%	99.1
Febrero	161 (EST 2(CHI - 2S))	TR	1.11	1.62	62	82.75	27.33%	16.6
Febrero	162 (S/N3165-S (CHI))	TE	0.75	1.94	355	23.91	50.83%	94.2
Febrero	163 (S/N 3157-S (CHI))	TE	0.23	1.09	154	20.12	60.97%	83.8
Febrero	304-A (CHI 10514-17N(GL))	TE	0.34	1.33	76	3.75	65.48%	32.5
Febrero	163 (S/N 3155-S(CH))	TR	0.22	1.39	70	12.09	72.75%	36.3
Febrero	162 (S/N 3157-S (CHI))	TE	0.30	1.41	121	24.72	70.43%	47.0
Febrero	207 (S/N 3141-S( CHI))	TE	0.83	1.74	304	32.97	37.12%	90.0
Febrero	207 (S/N 3151-S(CHI))	TE	0.93	1.68	132	32.53	18.69%	45.6
Febrero	164 (S/N 3150-S (CH5S))	TC	1.04	2.02	42	26.09	45.11%	9.6
Febrero	164 (S/N 3150-S (CH5S))	TE	0.63	1.14	192	57.79	25.63%	79.0
Febrero	164 (S/N 3155S ( CHI))	TE	0.62	1.26	216	21.56	41.69%	78.6
Febrero	164 (S/N 3157-S(CHI7S))	TC	0.46	1.18	111	11.64	57.42%	37.5
Febrero	164 (S/N 3157-S(CHI7S))	TL	0.50	1.17	123	26.01	29.32%	61.1
Febrero	390 (S/N 3040-S(CHI5N))	TR	0.60	1.52	132	12.92	21.39%	74.9
Febrero	100-A (GAL 9004-N (RPAC))	TC	0.40	1.01	35	34.77	32.79%	18.1
Febrero	100-A (GAL 9004-N (RPAC))	TE	0.39	1.06	122	15.85	54.98%	45.6
Febrero	391-A (CHI 10294-5N (GL))	TR	0.58	1.72	190	11.67	53.15%	65.5
Febrero	163 (CHI 8995-5S (CH))	TR	0.32	1.29	144	23.74	67.30%	57.7
Febrero	165 (S/N3143-S(CHI))	TE	0.33	1.64	104	26.85	52.24%	59.3
Febrero	207 (S/N3160-S (CHI))	TL	0.66	1.51	245	26.43	38.49%	89.2
Febrero	162 (S/N 3150-N (CH))	TE	0.39	1.07	205	23.24	47.07%	93.1
Febrero	162 (S/N 3160-S(CH1SE))	TE	0.80	1.86	155	42.53	35.70%	48.4
Febrero	166 (S/N 3141S ( CHI))	TL	0.35	1.14	233	38.44	48.81%	119.0
Febrero	390 (CHI 10294-5N (GL))	TR	0.45	2.15	105	5.00	70.10%	27.5
Febrero	162 (S/N 3150-AN (S/N))	TL	0.28	1.20	97	36.68	65.76%	42.3
Febrero	163 (CHI 8995-6S (TJ))	TR	0.47	1.10	45	20.86	24.46%	25.5
Febrero	164 (S/N 3165-N(CHI9S))	TC	0.59	1.11	120	21.68	26.57%	50.1
Febrero	206 (S/N 3151-S (CHI))	TE	0.52	1.52	116	16.75	60.23%	34.8
Febrero	207 (CHI 8933-14S(S/N))	TC	0.22	1.66	20	0.22	86.66%	6.0
<b>PROMEDIO - TOTAL</b>			<b>0.58</b>	<b>1.40</b>	<b>4,752</b>	<b>24.70</b>	<b>46.89%</b>	<b>1,905.6</b>

**Tabla 22. Producción de mineral tajeos, periodo marzo 2020, veta Cabana, nivel 3125**

Mes	Labor	Método	Pot Veta	Alt. Minado	TMS Dil	Ley Dil	% Dil	Mineral a Pagar (mts)
Marzo	TJ 391 (CHI 10294-5N (GL)	TR	0.47	2.19	209	8.93	67.73%	
Marzo	TJ 650-A (CHI 10625-19N(GL)	TC	0.47	1.55	72	6.39	60.52%	
Marzo	TJ 650-A (CHI 10625-19N(GL)	TE	0.62	1.71	161	4.55	59.77	
Marzo	TJ 2021 (CHI10510-16N(SN)	TE	0.46	1.66	154	8.68		4
Marzo	TJ 2022 (CHI 10510-17N(GL)	TC	0.24	1.84	15	8.26		
Marzo	TJ 90-A (S/N 3098-N (INA)	TE	0.43	1.83	53	23.63		
Marzo	TJ 205 (S/N 3149-S (CHI)	TC	0.31	2.32	48	6.		
Marzo	TJ 205 (S/N 3149-S (CHI)	TE	0.27	1.95	149			
Marzo	TJ 205 (S/N 3141-S (CHI)	TE	0.44	2.02	68			
Marzo	TJ 394 (S/N 3049-N (CHI)	TE	0.36	1.18	131			
Marzo	TJ 206 (S/N 3141-S( CHI)	TE	0.42	1.57				
Marzo	TJ 162 (S/N3165-S (CHI)	TE	1.02	2.16				
Marzo	TJ 163 (S/N 3157-S (CHI)	TL	0.22	1.07				
Marzo	TJ 162 (S/N 3157-S (CHI)	TE	0.31	1.2				
Marzo	TJ 207 (S/N 3141-S( CHI)	TE	0.83					
Marzo	TJ 164 (S/N 3150-S (CH5S)	TC	0.64					
Marzo	TJ 164 (S/N 3150-S (CH5S)	TE	0.75					
Marzo	TJ 164 (S/N 3155S ( CHI)	TC	0.					
Marzo	TJ 164 (S/N 3155S ( CHI)	TE						
Marzo	TJ 164 (S/N 3157-S(CHI7S)	TL						
Marzo	TJ 390 (S/N 3040-S(CHI5N)	TR						
Marzo	TJ 100-A (GAL 9004-N (RPAC)							
Marzo	TJ 100-A (GAL 9004-N (RPAC)							
Marzo	TJ 163 (CHI 8995-5S (CH)							
Marzo	TJ 165 (S/N3143-S(CHI)							
Marzo	TJ 207 (S/N3160-S (CHI)							
Marzo	TJ 162 (S/N 3160-S(CH							
Marzo	TJ 166 (S/N 3141S							
Marzo	TJ 390 (CHI 10							
Marzo	TJ 163 (CH							
Marzo	TJ 207							
Marzo	TJ							
Marzo								
Marzo								
Ma								

**Tabla 23. Producción de mineral tajeos, periodo abril 2020, veta Cabana, nivel 3125**

Mes	Labor	Método	Pot Veta	Alt. Minado	TMS Dil	Ley Dil	% Dil	Mineral a Pagar (m3 In situ)
Abril	TJ 391 (CHI 10294-5N (GL))	TR	0.34	1.51	217	7.40	60.93%	96.8
Abril	TJ 394 (S/N 3049-N (CHI))	TE	0.25	0.94	79	10.75	47.73%	45.6
Abril	TJ 2021 (CHI10510-16N(SN))	TE	0.39	1.81	258	2.51	68.12%	93.3
Abril	TJ 2022 (CHI 10510-17N(GL))	TC	0.52	1.65	82	11.06	46.03%	36.3
Abril	TJ 161 (S/N 3155-N(CH2SE))	TR	0.94	2.27	41	22.43	33.12%	12.0
Abril	TJ 162 (S/N 3150-N (CH))	TE	0.70	1.69	155	24.03	35.13%	57.8
Abril	TJ 162 (S/N 3160-S(CH1SE))	TR	0.91	1.53	17	13.12	36.74%	5.2
Abril	TJ 163 (CHI 8995-5S (CH))	TR	0.23	1.47	43	32.83	58.24%	32.0
Abril	TJ 163 (CHI 8995-6S (TJ))	TR	0.50	1.23	96	36.95	27.94%	51.0
Abril	TJ 163 (S/N 3147-N (EST))	TE	0.58	1.33	133	23.76	38.24%	58.8
Abril	TJ 163 (S/N 3150-N (CH))	TE	0.30	1.00	81	46.87	41.85%	47.5
Abril	TJ 163 (S/N 3157-S (CHI))	TE	0.19	1.23	17	34.24	58.38%	13.5
Abril	TJ 164 (S/N 3150-S (CH5S))	TE	0.83	1.59	266	56.07	25.02%	95.4
Abril	TJ 164 (S/N 3155S (CHI))	TE	0.38	1.48	99	27.58	48.86%	53.4
Abril	TJ 164 (S/N 3157-S(CH17S))	TC	0.23	1.50	62	30.85	55.67%	49.7
Abril	TJ 165 (S/N 3160-S(CHI))	TC	0.29	1.77	55	9.96	80.26%	17.1
Abril	TJ 166 (S/N 3147N (CHI))	TL	0.34	1.01	225	28.82	43.13%	119.3
Abril	TJ 166 (S/N 3147-S(CHI))	TC	0.30	1.17	87	22.01	54.10%	46.9
Abril	TJ 166 (S/N 3147-S(CHI))	TL	0.55	1.17	42	56.90	33.53%	17.6
Abril	TJ 166 (S/N 3158-S (11S))	TC	0.38	1.36	90	30.88	62.45%	36.7
Abril	TJ 205 (S/N 3141-S (CHI))	TC	0.30	1.64	38	17.86	56.08%	25.0
Abril	TJ 205 (S/N 3149-S (CHI))	TC	0.63	1.84	88	9.54	41.31%	36.5
Abril	TJ 205 (S/N 3149-S (CHI))	TE	0.36	1.51	31	22.61	47.92%	18.1
Abril	TJ 206 (CHI 8933-12S(S/N))	TR	0.44	1.83	91	25.33	37.28%	54.7
Abril	TJ 206 (S/N 3141-S (CHI))	TE	0.71	1.47	130	21.29	33.09%	50.0
Abril	TJ 207 (CHI 8933-14S(S/N))	TC	0.41	1.76	94	9.64	62.23%	38.1
Abril	TJ 207 (CHI 8933-14S(S/N))	TE	0.31	1.72	134	8.84	78.54%	37.2
Abril	TJ 207 (S/N 3141-S (CHI))	TR	0.71	1.34	37	35.23	24.80%	16.2
Abril	TJ 650-A (CHI 10625-19N(GL))	TC	0.33	1.53	23	5.61	56.85%	12.6
PROMEDIO - TOTAL			0.52	1.43	2,811	23.42	47.96%	1,274.4

**Tabla 24. Producción de mineral tajeos, periodo junio 2020, veta Cabana, nivel 3125**

Mes	Labor	Método	Pot Veta	Alt. Minado	TMS Dil	Ley Dil	% Dil	Mineral a Pagar (m3 In situ)
Junio	205 (S/N 3141-S (CHI))	TE	0.52	1.45	67	16.72	59.78%	21.3
Junio	163 (S/N 3157-S (CHI))	TE	0.64	1.19	187	27.18	21.01%	83.7
Junio	163 (S/N 3147-N (EST))	TR	0.28	1.25	87	24.88	65.35%	40.5
Junio	164 (S/N 3150-S (CH5S))	TE	0.72	1.64	19	5.83	44.39%	6.2
Junio	164 (S/N 3155S (CHI))	TE	0.44	1.46	146	25.17	58.34%	51.2
Junio	162 (S/N 3160-S(CH1SE))	TR	1.14	1.76	59	60.82	13.97%	18.4
Junio	163 (CHI 8995-6S (TJ))	TE	0.48	1.43	171	7.24	52.84%	64.9
Junio	166 (S/N 3147N (CHI))	TL	0.39	0.93	244	26.65	47.69%	92.7
Junio	166 (S/N 3147-S(CHI))	TL	0.37	1.10	89	45.39	37.55%	50.5
Junio	165 (S/N 3160-S(CHI))	TL	0.80	1.07	196	30.49	1.25%	77.6
Junio	165 (S/N 3167-S(CHI))	TL	0.37	1.73	44	11.13	66.61%	16.2
Junio	165 (S/N 3175-S (10S))	TL	0.46	1.02	191	28.06	46.71%	68.0
Junio			0.58	1.18	1,501	26.23	39.96%	591.1

b) Producción de mineral - recuperación de pilares

A continuación, se resume la producción obtenida mediante la recuperación de pilares, durante el periodo de estudio.

**Tabla 25. Producción de mineral de recuperación de pilares, periodo diciembre 2019, veta Cabana, nivel 3125**

Mes	LABOR	MET	TMS TOTAL	POT	ALTURA MINADO	TMS DILUIDAS	LEY DIL.		
Diciembre	TJ 361 (SN-3163-S)	TC	163	0.20	1.40				
Diciembre	TJ 164 (SN3149-S)	TC	159						
Diciembre	TJ 390 (S/N 3040-S)								

**Tabla 26. Producción de mineral de recuperación de pilares, periodo enero 2020, veta Cabana, nivel 3125**

Mes	Labor	Método	Pot Veta	Alt. Minado	TMS Dil	Ley Dil	% Dil	Mineral a Pagar (m3 In-situ)
Enero	164 (S/N 3157-S(CHI7S))	TC	0.58	1.67	175	27.47	47.63%	66.3
Enero	390 (S/N 3040-S(CHI5N))	TC	0.35	2.05	81	5.01	75.17%	23.6
Enero	391-A (CHI 10294-5N (GL))	TC	0.50	1.32	28	6.28	57.70%	10.5
Enero	165 (S/N3143-S(CHI))	TC	0.44	1.93	55	17.78	47.52%	28.9
Enero	390-A (CHI 10294-5N (GL))	TC	0.18	2.13	117	0.72	90.08%	27.0
Enero	207 (S/N3160-S (CHI))	TC	0.66	1.34	54	34.60	44.70%	17.1
Enero	162 (S/N 3150-N (CH))	TC	0.55	1.35	59	41.32	20.86%	35.7
Enero	164 (S/N 3167N (CHI))	TC	0.45	1.54	66	10.87	64.79%	22.1
PROMEDIO - TOTAL			0.45	1.74	636	18.07	58.45%	36.25

**Tabla 27. Producción de mineral de recuperación de pilares, periodo febrero 2020, veta Cabana, nivel 3125**

Mes	Labor	Método	Pot Veta	Alt. Minado	TMS Dil	Ley Dil	% Dil	Mineral a Pagar (m3 In-situ)
Febrero	90-A (S/N 3098-N (INA))	TC	0.63	1.47	69	55.05	12.70%	41.4
Febrero	164 (S/N 3150-S (CH5S))	TC	1.04	2.02	42	26.09	45.11%	9.6
Febrero	164 (S/N 3157-S(CHI7S))	TC	0.46	1.18	111	11.64	57.42%	37.5
Febrero	100-A (GAL 9004-N (RPAC))	TC	0.40	1.01	35	34.77	32.79%	18.1
Febrero	164 (S/N 3165-N(CHI9S))	TC	0.59	1.11	120	21.68	26.57%	50.1
Febrero	207 (CHI 8933-14S(S/N))	TC	0.22	1.66	20	0.22	86.66%	6.0
PROMEDIO - TOTAL			0.57	1.31	398	25.23	38.31%	35.8

**Tabla 28. Producción de mineral de recuperación de pilares, periodo marzo 2020, veta Cabana, nivel 3125**

Mes	Labor	Método	Pot Veta	Alt. Minado	TMS Dil	Ley Dil	% Dil	Minera
Marzo	TJ 650-A (CHI 10625-19N(GL))	TC	0.47	1.55	72			
Marzo	TJ 2022 (CHI 10510-17N(GL))	TC	0.24	1.84	1			
Marzo	TJ 205 (S/N 3149-S (CHI))	TC	0.31	2.32				
Marzo	TJ 164 (S/N 3150-S (CH5S))	TC	0.64					
Marzo	TJ 164 (S/N 3155S ( CHI))	TC						
Marzo	TJ 100-A (GAL 9004-N (RPAC))							
Marzo	TJ 207 (CHI 8933-14S(S/N))							
Marzo	TJ 166 (S/N 314)							
Marzo	TJ 1							

**Tabla 29. Producción de mineral de recuperación de pilares, periodo abril 2020, veta Cabana, nivel 3125**

Mes	Labor	Método	Pot Veta	Alt. Minado	TMS Dil	Ley Dil	% Dil	Mineral a Pagar (m3 In-situ)
Abril	TJ 2022 (CHI 10510-17N(GL))	TC	0.52	1.65	82	11.06	46.03%	36.3
Abril	TJ 162 (S/N 3150-N (CH))	TE	0.70	1.69	155	24.03	35.13%	57.8
Abril	TJ 164 (S/N 3157-S(CHI7S))	TC	0.23	1.50	62	30.85	55.67%	49.7
Abril	TJ 165 (S/N 3160-S(CHI))	TC	0.29	1.77	55	9.96	80.26%	17.1
Abril	TJ 166 (S/N 3147-S(CHI))	TC	0.30	1.17	87	22.01	54.10%	46.9
Abril	TJ 166 (S/N 3158-S (11S))	TC	0.38	1.36	90	30.88	62.45%	36.7
Abril	TJ 205 (S/N 3141-S (CHI))	TC	0.30	1.64	38	17.86	56.08%	25.0
Abril	TJ 205 (S/N 3149-S (CHI))	TC	0.63	1.84	88	9.54	41.31%	36.5
Abril	TJ 207 (CHI 8933-14S(S/N))	TC	0.41	1.76	94	9.64	62.23%	38.1
Abril	TJ 650-A (CHI 10625-19N(GL))	TC	0.33	1.53	23	5.61	56.85%	12.6
PROMEDIO - TOTAL			0.46	1.60	775	18.50	52.13%	40.5

**Tabla 30. Producción de mineral de recuperación de pilares, periodo junio 2020, veta Cabana, nivel 3125**

Mes	Labor	Método	Pot Veta	Alt. Minado	TMS Dil	Ley Dil	% Dil	Mineral P
Junio	205 (S/N 3141-S (CHI))	TE	0.52	1.45	67	16.72		
Junio	163 (S/N 3157-S (CHI))	TE	0.64	1.19	187			
Junio	163 (S/N 3147-N (EST))	TR	0.28	1.25	87			
Junio	164 (S/N 3150-S (CH5S))	TE	0.72	1.64				
Junio	164 (S/N 3155S ( CHI))	TE	0.44	1				
Junio	162 (S/N 3160-S(CH1SE))	TR	1.14					
Junio	163 (CHI 8995-6S (TJ))	TE						
Junio	166 (S/N 3147N (CHI))	TL						
Junio	166 (S/N 3147-S(CHI))							
Junio	165 (S/N 3160-S)							
Junio	165 (S/N)							
Junio								

c) Resumen económico de producción de mineral de tajeos y pilares

A continuación, se presenta el resumen de producción de mineral de los diferentes métodos de explotación y la producción de mineral producto de la recuperación de pilares, con su análisis económico respectivo durante el periodo de estudio diciembre 2019 a junio del 2020.

**Tabla 31. Resumen Económico de Producción de mineral de métodos de minado, periodo diciembre del 2019 a junio 2020, veta Cabana, nivel 3125**  
**PRODUCCIÓN DE MINERAL - TAJEOS**

Mes	Labor	Pot Veta	Alt. Minado	TMS Dil	Ley Dil	% Dil	Mineral a Pagar (m3 In-situ)	Valor Mineral (US \$)	Valor Unitario (US \$/ton)
dic-19	Tajeos	0.49	1.33	4,256.00	15.79	61.63%	1301.85	1,298,812.21	305.17
ene-20	Tajeos	0.56	1.51	4,014.68	18.09	56.26%	1,421.21	1,846,806.76	460.01
feb-20	Tajeos	0.58	1.40	4,751.66	24.70	46.89%	1,905.57	4,073,523.24	857.28
mar-20	Tajeos	0.51	1.51	3,603.42	22.02	53.69%	1,460.87	2,531,196.59	702.44
abr-20	Tajeos	0.52	1.43	2,810.79	23.42	47.96%	1,274.44	2,216,211.62	788.47
jun-20	Tajeos	0.58	1.18	1,500.55	26.23	39.96%	591.08	1,415,480.88	943.31
<b>TOTAL - PROMEDIO</b>		<b>0.54</b>	<b>1.42</b>	<b>20,937.11</b>	<b>21.10</b>	<b>52.50%</b>	<b>7,955.02</b>	<b>13,382,031.30</b>	<b>639.15</b>

**Tabla 32. Resumen económico de producción de mineral de recuperación de pilares, periodo diciembre del 2019 a junio 2020, veta Cabana, nivel 3125**  
**PRODUCCIÓN DE MINERAL - PILARES**

Mes	Labor	Pot Veta	Alt. Minado	TMS Dil	Ley Dil	% Dil	Mineral a Pagar (m3 In-situ)	Valor Mineral (US \$)	Valor Unitario (US \$/ton)
dic-19	Pilares	0.40	1.40	535	9.72	69.94%	60.00	30,027.28	56.13
ene-20	Pilares	0.45	1.74	636	18.07	58.45%	36.25	292,568.55	459.89
feb-20	Pilares	0.57	1.31	398	25.23	38.31%	35.8	354,893.83	892.07
mar-20	Pilares	0.37	1.59	816	19.72	63.58%	54.8	460,881.57	565.12
abr-20	Pilares	0.46	1.60	775	18.50	52.13%	40.5	371,056.08	478.89
jun-20	Pilares	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00%	0.00	0.00	0.00
<b>TOTAL - PROMEDIO</b>		<b>0.44</b>	<b>1.55</b>	<b>3,159.37</b>	<b>18.09</b>	<b>57.63%</b>	<b>227.28</b>	<b>1,509,427.31</b>	<b>477.76</b>

a) Análisis e interpretación de resultados:

- ✓ Durante el periodo de estudio noviembre 2019 a junio del 2020, el total de mineral producido en tajeos en la veta Cabana, sector Chilcas, fue de 20,937.11 toneladas, con una ley promedio de 21.10 gramos.
- ✓ Asimismo, la altura de minado promedio en tajeos fue de 1.42 metros con una potencia promedio de 0.54 metros.
- ✓ El valor total de mineral producido en tajeos fue de 13,382,031.30 \$, considerando una dilución promedio del 52.50 % y un valor unitario de 639.15 \$/t.
- ✓ Durante el mismo periodo de estudio, el total de mineral producido en recuperación de pilares en la veta Cabana, sector Chilcas, fue de 3,159.37 toneladas, con una ley promedio de 18.09 gramos.
- ✓ Además, se consideró una altura de minado promedio en recuperación de pilares fue de 1.55 metros y una potencia promedio de 0.44 metros.
- ✓ El valor total de mineral producido en recuperación de pilares fue de 1,509,427.31 \$, considerando una dilución promedio del 57.63 % y un valor unitario de 477.76 US \$/t.
- ✓ Hay que considerar que dentro de los cálculos del periodo mayo y junio del 2020, se tuvo inconvenientes de operación en mina por los efectos que viene generando la pandemia del COVID 19 en diferentes actividades del país.

## CONCLUSIONES

1. El tonelaje producido por día de los diferentes tajeos de la veta Cabana, nivel 3125, sector Chilcas es de 125 toneladas métricas y el tonelaje producido por día en recuperación de pilares en el mismo sector es de 82 toneladas por día.
2. La altura de minado promedio en los diferentes tajeos de la veta Cabana, nivel 3125, sector chilcas es de 1.42 metros con una potencia de 0.54 metros, genera una dilución promedio de 52.50 %.
3. La altura de minado promedio en los diferentes pilares recuperados de la veta Cabana, nivel 3125, sector chilcas es de 1.55 metros con una potencia de 0.44 metros, genera una dilución promedio de 57.63 %.
4. El tonelaje diluido producido promedio mensual en los diferentes tajeos de la veta Cabana, nivel 3125, sector Chilcas fue de 3,489.52 toneladas con una ley media de 21.10 gramos de Au y el tonelaje diluido producido promedio mensual en pilares recuperados es de 526.56 toneladas con una ley media de 18.09 gramos de Au.
5. El valor total de mineral producido en tajeos durante el periodo de estudio fue de 13,382,031.30 \$, considerando una dilución promedio del 52.50 % y un valor unitario de 639.15 \$/t.
6. El valor total de mineral producido en recuperación de pilares durante el periodo de estudio fue de 1,509,427.31 \$, considerando una dilución promedio del 57.63% y un valor unitario de 477.76 \$/t.
7. Finalmente, hay que considerar que dentro de los cálculos del periodo de estudio los meses de mayo y junio del 2020, se tuvo inconvenientes de operación en la unidad minera por los efectos que viene generando la pandemia del COVID 19 en diferentes actividades del país.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda realizar estudios de mayor detalle de las propiedades del macizo rocoso, para controlar la dilución en tajeos y recuperación de pilares en la veta Cabana, nivel 3125, sector Chilcas y otros sectores de la unidad minera.
2. Se recomienda realizar mayores estudios en definir la altura de minado adecuado, relacionado al ancho de veta y al ancho de minado, para mejorar la recuperación de mineral y controlar la dilución.
3. Se recomienda realizar una mejor caracterización geológica de las diferentes estructuras mineralizadas y poder comprender las diferentes alteraciones presentes y relacionarlas al ciclo de perforación y voladura, controlando el número de taladros perforados y su factor de potencia asociado.
4. Asimismo, es importante realizar estudios geomecánicos posteriores a la recuperación de pilares y su influencia en la estabilidad de los diferentes tajeos minados y sostenidos con wood crib de 2x2 metros.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASCUE, A. *Evaluar técnica y económicamente el proyecto de explotación subterránea de la veta Ángela, unidad operativa Inmaculada*. (Título de Ingeniero de Minas). Arequipa: Universidad Nacional San Agustín, 2016, 126 pp.
2. MORI, R. *Recuperación de pilares mediante el método de pilares artificiales en el tajo manto sur, nivel 8, Mina Magistral, SMRL Magistral de Huaraz SAC.-2017*. (Título de Ingeniero de Minas). Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, 2017, 88 pp.
3. CHUCULLA, A. *Recuperación de puentes de mineral para incremento de la producción y ley de cabeza en Compañía Minera Kolpa S.A.*. (Título de Ingeniero de Minas). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2018, 88 pp.
4. ESCALANTE, S. *Proyecto de incremento de la producción de 1200 tmd a 2000 tmd mediante el método Sublevel open stoping y bench & fill en la U.E.A. Contonga S.A.*. (Título de Ingeniero de Minas). Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2018, 165 pp.
5. JORQUERA, M. *Método de Explotación Cut & Fill y su aplicación en minera Michilla*. (Título de Ingeniero Civil de Minas). Santiago: Universidad de Chile 2015, 127 pp.
6. ELORRIETA, F, PANTALEÓN, H y CARBAJAL, C. *E Diseño de Recuperación de pilares Puente en la mina Inmaculada*. [En línea] [Fecha de consulta: 7 de noviembre de 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/326020662\\_DISEÑO\\_DE\\_RECUPERACION\\_DE\\_PUENTES\\_EN\\_MINA\\_INMACULADA](https://www.researchgate.net/publication/326020662_DISEÑO_DE_RECUPERACION_DE_PUENTES_EN_MINA_INMACULADA)

## **ANEXOS**

## Anexo A

### Matriz y operacionalización de variables

**Tabla 33. Tabla de variables**

Problemas	Objetivos	Hipótesis
Problema principal	Objetivo principal	Hipótesis principal
¿Cómo se puede mejorar la productividad mediante la recuperación de pilares de mineral en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.?	Desarrollar una metodología que permita mejorar la productividad mediante la recuperación de pilares de mineral en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.	La recuperación de pilares de mineral influye positivamente en la mejora de la productividad en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.
Problemas secundarios	Objetivos específicos	Hipótesis secundarias
2. ¿De qué manera influye la altura de minado en la dilución de mineral para la explotación de tajeos y recuperaciones de pilares en la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.?	2. Evaluar la altura de minado y su influencia en la dilución de mineral para la explotación de tajeos y recuperaciones de pilares en la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.	4. La evaluación de la altura de minado en la explotación de tajeos y recuperación de pilares permitirá controlar eficientemente la dilución de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.
2. ¿De qué manera se puede mejorar el valor de mineral mediante la recuperación de pilares en la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S.A.?	5. Evaluar la recuperación de pilares, para mejorar el valor de mineral en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.	6. La evaluación de la recuperación de pilares influye positivamente en mejorar el valor de mineral en la explotación de la veta Cabana, nivel 3125 de minera aurífera Retamas S. A.

## Anexo B

### Planos en sección planta y transversal

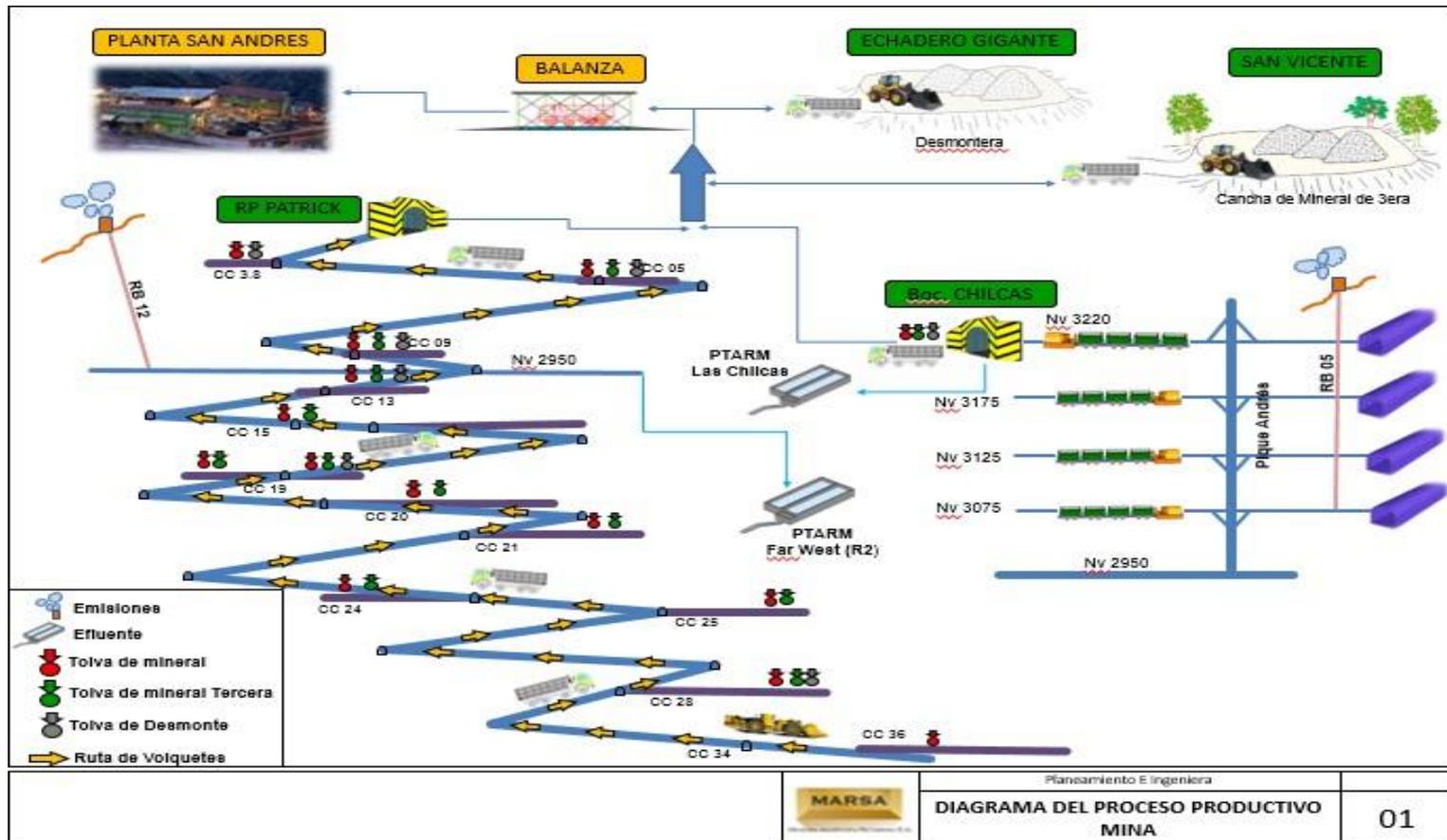
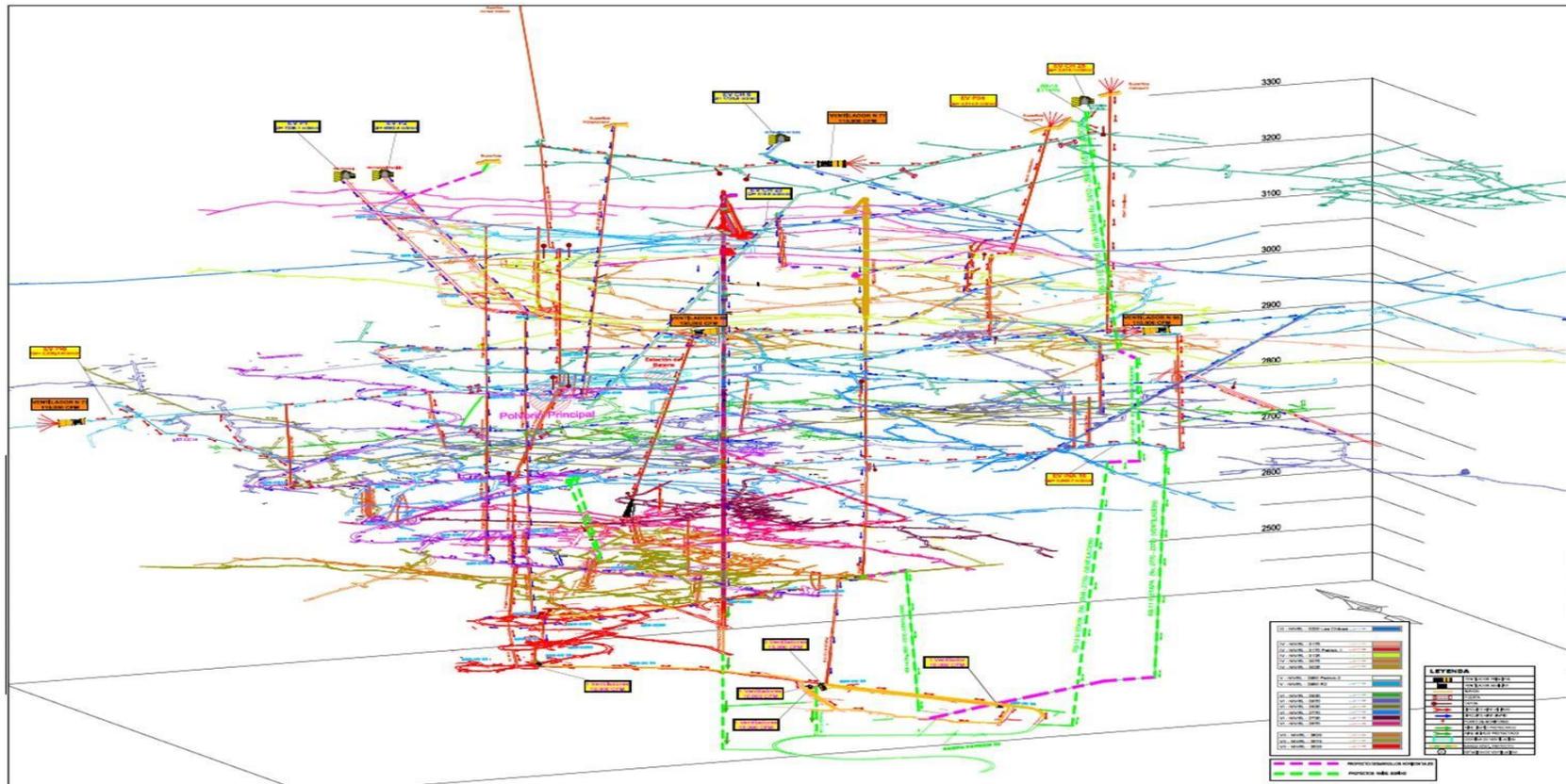


Figura 53. Cuadro de control de semana de dilución



**Figura 54. Unifamiliar del circuito de ventilación**

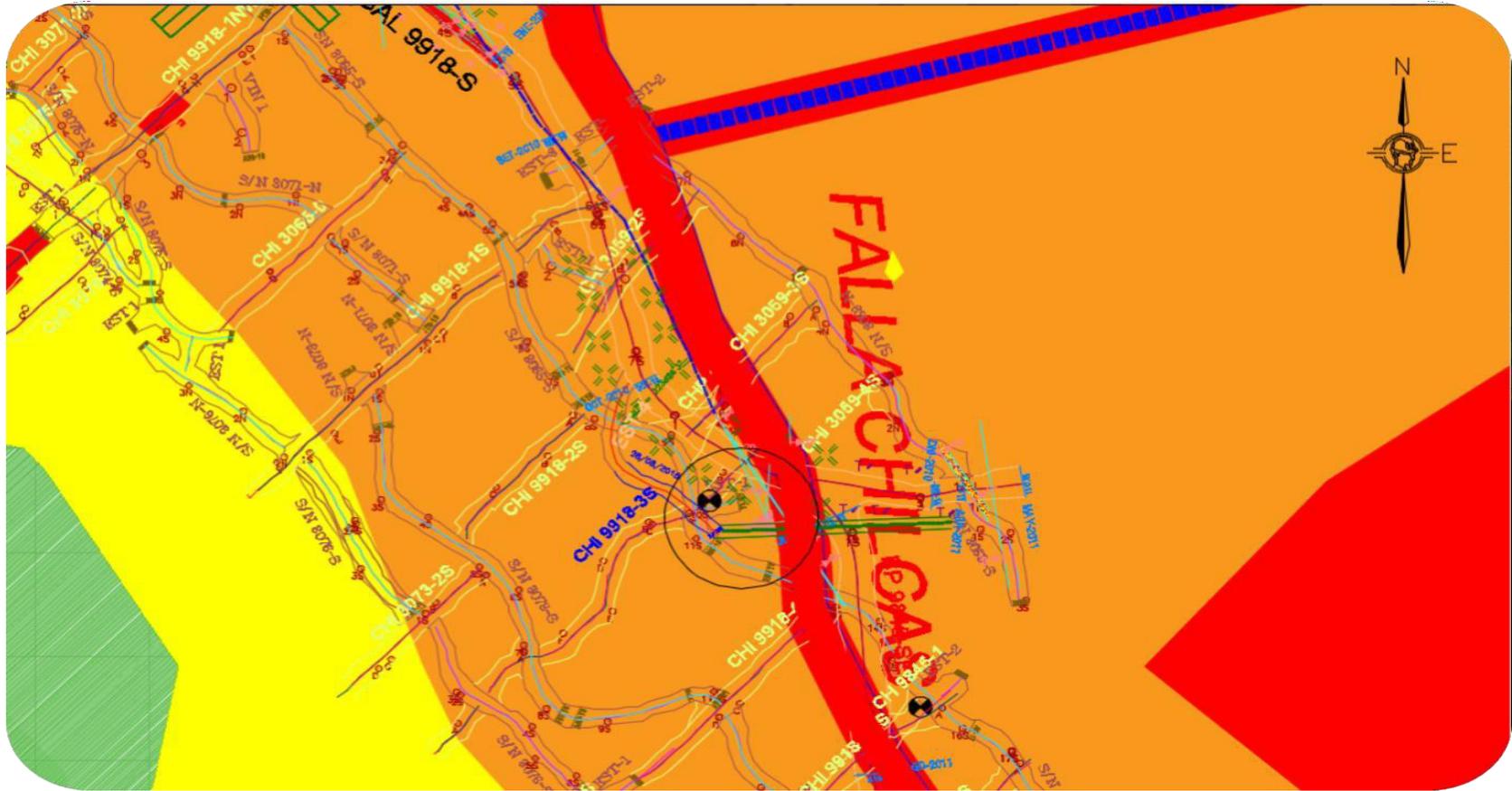


Figura 55. Geomecánica del sector Chilca, unidad minera Marsa

## Anexo C

### Imágenes del método de minado Long Wall



**Figura 56. Limpieza en L con rastra de 36", winche de 15 Hp, método de minado Long Wall**



**Figura 57. Sostenimiento con puntales y cabezales Jack Pot del método de minado Long Wall.**



**Figura 58. Entablado lateral para mantener el canal de rastrillaje del método de minado Long Wall**



**Figura 59. Sostenimiento con Wood Crib de 2x2 m, método de minado Long Wall**