

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y**  
**METALURGICA**



**“ANALISIS DE LOS ESFUERZOS TECTONICOS DE LA VETA GLORITA 2, MINA  
PAPAGAYO DE COMPAÑIA MINERA PODEROSA S.A.”**

**INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO GEOLOGO**

**PRESENTADO POR:  
WILDER ALFONSO ZUÑIGA**

**ASESOR  
MSc. Ing. DAVID ROJAS CABALLERO**

**LIMA – PERÚ  
2012**

## DEDICATORIA

*A Dios, por la dicha que me brinda de estar junto a mis padres, hermanos, esposa e hijos y su bendición en el acrecentar de mi vida.*

*Con eterna gratitud a mis padres Emiliano y Juana, quien con amor, esfuerzo y sacrificio lograron la conclusión de mis estudios.*

*Dedicado a mis hijos Diego, Bruno y a mi compañera de mi vida Yanina*

**ANALISIS DE LOS ESFUERZOS TECTONICOS DE LA VETA GLORITA 2,  
MINA PAPAGAYO DE COMPAÑIA MINERA PODEROSA S.A.**

**INDICE**

**RESUMEN**

**CAPITULO I**

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

	Pagina.
1.1 Antecedentes.	1
1.2 Agradecimientos	1
1.3 Justificación.	2
1.4 Problema de Investigación.	5
1.5 Variables.	5
1.6 Objetivos.	5
1.7 Hipótesis.	6

**CAPITULO II**

**ASPECTOS GENERALES**

2.1 De la Empresa.	7
2.2 Accesibilidad y Ubicación.	8
2.3 Geología.	11
2.3.1 Fisiografía, geomorfología, drenaje y clima	11

2.3.2 Geología estructural	12
2.3.3 Estratigrafía	13
2.3.4 Geología económica	19
2.3.5 Mineralización	21
2.3.6 Mineralogía	22
2.3.7 Tipo de Yacimiento	22
2.3.8 Alteraciones	23

### **CAPÍTULO III**

#### **MINERIA**

3.1 Mina	24
3.1.1 Ubicación de vetas.	24
3.1.2 Recursos para la explotación.	25
3.1.3 Consumo de Madera.	26
3.1.4 Método de explotación.	28
3.1.5 Proyectos de mina.	33

### **CAPÍTULO IV**

#### **MARCO CONCEPTUAL Y TEORICO**

4.1 Clasificación Geomecánica.	34
4.1.1 Índice Geológico de Resistencia GSI	34
4.2 Estallidos de Roca.	42



4.2.1	Conceptos Básicos de Estallido de Roca	42
4.2.2	Origen de los Estallidos de Roca.	42

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS DE LOS ESFUERZOS TECTONICOS DE LA VETA GLORITA 2**

5.1	Intensidades de Eventos.	44
5.2	Análisis de Eventos de Relajamiento.	45
5.3	Análisis del Comportamiento Estructural de Glorita 2.	48
5.4	Análisis de la Orientación de las Labores con Respecto a la Dirección de Esfuerzos.	53
5.5	Análisis del Efecto de la Presión Litostática a las Labores.	55
5.6	Análisis de Eventos Según su Ubicación.	57
5.7	Análisis del Macizo Rocosos en Zonas de Relajamiento.	60

## **CAPÍTULO VI**

### **PLAN DE DISEÑO Y ESTABILIDAD DE LABORES**

6.1	Diseño de Minado.	64
6.1.1	Características Físicas y Geológicas del Yacimiento	64
6.1.2	Geometría del yacimiento	64
6.1.3	Características geotécnicas del yacimiento	65

6.2 Estabilidad de Labores.	67
6.2.1 Determinación del método de Minado	67
6.2.1.1 Resultados	68
6.2.2 Secuencia de minado	68
6.2.3 Análisis del método de minado con las direcciones de esfuerzo	72

## **CAPÍTULO VII**

### **REDUCCION DEL CONSUMO DE MADERA**

7.1.- Análisis del Consumo de Madera	74
7.2.- Reducción del consumo de madera en Tajos	74
7.2.1 Análisis del consumo actual de madera de tajeos	78

### **CONCLUSIONES**

8.1 Conclusiones	75
------------------	----

### **BIBLIOGRAFIA**

### **INDICE DE ANEXOS**

Anexo Nº 1 Plano Estructural de la Veta Glorita 2

Anexo Nº 2 Plano Geomecánico de la Veta Glorita 2

Anexo Nº 3 Plano de Eventos de Relajamiento de la Veta Glorita 2

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1, Ubicación de la cía. Minera Poderosa en el Perú.	9
Figura N° 2, Ubicación de la cía. Minera Poderosa en la Libertad.	10
Figura N° 3, Ubicación de las unidades de producción cía. Minera Poderosa	11
Figura N° 4, Columna estratigráfica de la zona de Pataz.	18
Figura N° 5, Ubicación de vetas de la zona de marañón.	25
Figura N° 6: Comparación del consumo de madera tanto en tajos como en avances en la Zona Norte y Zona Sur.	27
Figura N° 7, Vista de perfil de block de explotación.	28
Figura N° 8, Vista de planta de block de explotación	29
Figura N° 09, Proyecto de cortada aurora y pique Jimena	33
Figura N° 10, Frecuencia de relajamiento de la Veta Glorita 2 del año 2011	46
Figura N° 11, Ubicación de los puntos de relajamiento de la veta Glorita 2	47
Figura N° 12, Orientación de esfuerzos de Glorita 2	48
Figura N° 13, Plano de Glorita 2 con las Estructuras principales.	52
Figura N° 14, Dirección del esfuerzo mayor con respecto a la galería.	53
Figura N° 15, El esfuerzo mayor ( $\sigma_1$ ) actúa a lo largo de toda la Galería.	54
Figura N° 16, Se muestra que en las Chimeneas actúan los esfuerzos menores ( $\sigma_3$ y $\sigma_2$ ).	54
Figura N° 17, Se muestra que el esfuerzo mayor ( $\sigma_1$ ) actúa en el tope de la Chimenea.	55

Figura N° 18, Perfil longitudinal de la veta glorita 2 notándose la diferencia de profundidad.	56
Figura N° 19, Zoneamiento de eventos Vista Planta y Perfil: Eventos por efecto de aberturas (Esfuerzo inducido) representado de color Azul y por efecto de esfuerzos In-Situ representado de color celeste.	58
Figura N° 20, Zoneamiento de los eventos según la calidad del macizo rocoso.	59
Figura. N° 21, Labores de desarrollo y preparación.	69
Figura. N° 22, Perforación de la primera pared.	69
Figura. N° 23, Voladura de la primera pared.	70
Figura N° 24, Limpieza de la primera voladura.	70
Figura N° 25, Sostenimiento del primer corte.	71
Figura N° 26, Corte del primer tramo.	71
Figura N° 27, Relleno del primer tramo.	72
Figura N° 28, Se muestra menor área expuesta al esfuerzo mayor ( $\sigma_1$ ) siendo más estable y con menor efecto de relajamiento.	73
Figura N° 29, Se muestra mayor área expuesta al esfuerzo mayor ( $\sigma_1$ ) siendo expuesta a mayores deformaciones y efectos de relajamiento.	73
Figura N° 30, Plano de zonificación de la veta Glorita 2: Color Verde Muy fracturado Regular (MF/R), color Naranja Muy Fracturado Pobre (MF/P).	75
Figura N° 31, Área abierta máxima 6 m con tres canales.	76
Figura N° 32. El relleno actúa como soporte, el pilar de la galería incrementa su factor de seguridad.	77
Figura N° 33, Secuencia de minado con relleno hidráulico sin generar áreas abiertas.	77

Figura N° 34, Cantidad de puntales usados por corte ciclando con relleno hidráulico.	78
Figura N° 35. Análisis en 162m2 en 3 meses de minado	78
Figura N° 36, Elementos instalados como: cribbing, Cuadro cojo, Cuadro completo, y Jackpot.	79
Figura N° 37, elementos instalados solo puntales con Jackpot.	79
Figura N° 38, Cuadros comparativos en una roca MF/P.	79

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1, Acceso vía aérea a mina papagayo.	10
Tabla N° 2, Acceso vía terrestre a mina papagayo.	10
Tabla N° 3, Recursos de mina.	26
Tabla N° 4, Clasificación de eventos de relajamiento	44
Tabla N° 5, Esfuerzo Vertical ( $\sigma_v$ ) y Esfuerzo Horizontal ( $\sigma_h$ ) según varía la profundidad.	57
Tabla N° 6, Parámetros Geomecánicos de muestras de la veta Glorita 2.	63
Tabla N° 7, Datos de ingreso.	67
Tabla N° 8, Factores de peso	67
Tabla N° 9, Valores obtenidos para los diferentes métodos.	68

## **INDICE DE FOTOS**

Foto N° 1, Maquina Trans Vac en proceso de recuperación de finos	30
Foto N° 2, Zaranda para la recuperación de Mineral	31
Foto N° 3, Ciclo de Relleno Hidráulico	32
Foto N° 4: Granodiorita Típica en zonas de relajamientos.	60
Foto N° 5: Aplita Típica de una zona de relajamientos.	61
Foto N° 6: Monzogranito	62

## RESUMEN

Actualmente en la Mina Papagayo, la veta Glorita 2, de Compañía Minera Poderosa geomecánicamente utiliza el sistema GSI de clasificación de macizos rocosos (Índice de resistencia geológica) basado en las condiciones estructurales y superficiales de la roca propuesto por Hoek (1997) y Hoek Kaiser y Bawden (1998), y el tipo de sostenimiento instalado está conforme a la clasificación estipulada en la tabla GSI, a raíz de que la mina va profundizando y explorando las continuidades de la veta las labores van presentando problemas de estabilidad por el incremento de las presiones y/o esfuerzos in-situ e inducido, manifestándose en diferentes zonas, en tal sentido se ve la necesidad de realizar un estudio de los tensores de esfuerzos ( $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ) determinando la orientación del esfuerzo principal que afectan a las labores permanentes y temporales con el fin de diseñar el método de minado y la orientación de las labores más adecuadas y estables que garanticen la seguridad de los trabajadores en los frentes de trabajo.

El área de estudio tiene aproximadamente 15 000 m<sup>2</sup> con una longitud de 890m desarrollada en la dirección del rumbo de la veta.

La zona de explotación se encuentra a una profundidad de 700 a 1000 metros (como encampane), la veta tiene una forma tabular con un buzamiento que varía desde 10° hasta 25° aproximadamente como promedio, como roca encajonante se tiene granodiorita, cuarzo monzonita en algunos casos con lentes de hornfels y metavolcánicos. Actualmente nuestro método de minado es en lonjas verticales (longwall).

El tipo de sostenimiento instalado en las labores de explotación según la clasificación GSI corresponden a puntales con jackpot en calidad de roca muy fracturada – regular (MF/R) y cuadros de madera en calidad de roca muy fracturada – pobre (MF/P) reforzando con cribbing para finalmente ser rellenado y en labores de avances como galerías, cortadas y rampas se usa Perno Helicoidal, Split-sets según corresponda el tipo de labor y cuando el macizo rocoso presenta mayor fracturamiento se puede reforzar con malla electrosoldada.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 ANTECEDENTES**

En la veta Glorita 2 se han estado originando eventos de relajamiento. En el transcurso del año 2010 han ocurrido 3 eventos que son: Colapso del TJ 7840 del NV 1847 ocurrido en Mayo, GL SE del NV 1847 evento de relajamiento del piso (Levantamiento de piso) ocurrido en el mes de Mayo, en el mes de Noviembre colapso del TJ 8350 afectando a la CR E como Hundimiento, y en el año 2011 han continuado estos eventos en diferentes labores principalmente en los niveles 1827 y 1865 iniciándose en los meses de Enero, Febrero y Marzo con 7 eventos con proyección, en Abril con 6 eventos con proyección y los de meses de Mayo y Junio con 2 eventos.

#### **1.2 AGRADECIMIENTOS**

Con mucha gentileza y respeto, expreso mi gratitud al Ingeniero José Ipanaque Superintendente del área de Planeamiento & Ingeniería, al Ingeniero Gerardo Dalla Porta Gerente de Operaciones, por la oportunidad brindada de desempeñarme en mi carrera profesional y a mis amigos Hitler Espinoza, Enrique Robles, Aníbal la Puente, Pablo, Nelson, Santiago, Esteban, Arturo, Fredy, Curo, Jorge, Fernando y Santos del área de planeamiento e ingeniería de Compañía Minera Poderosa.



Por otro lado mi reconocimiento a la Compañía Minera Poderosa S.A., en la cual tuve y tengo la oportunidad de trabajar y quien hace posible la realización del siguiente trabajo.

Finalmente expreso mi vocación a mi Alma Mater la Universidad Nacional de Ingeniería y a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, a mis amigos y profesores con quienes compartí grandes momentos de mi vida, cuyos nombres los llevaré siempre conmigo.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Actualmente la Mina Papagayo - la veta Glorita 2 de Compañía Minera Poderosa Geomecánicamente se ha clasificado el macizo rocoso mediante el GSI (Índice Geológico de Resistencia). A raíz que la mina va profundizando y explorando la continuidad de la veta, las labores van presentado problemas de estabilidad por el incremento de las presiones y/o esfuerzos in-situ e inducido manifestándose en diferentes zonas, en tal sentido se ve la necesidad de realizar un estudio de los tensores de esfuerzos en los niveles inferiores de la veta Glorita 2, así determinar un adecuado diseño minero brindando mayor estabilidad y seguridad en los frentes de trabajo.

El ambiente laboral debe de cumplir con los siguientes parámetros según el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (DS. N° 055-2010-EM) que es:

**TÍTULO CUARTO: GESTIÓN DE LAS OPERACIONES MINERAS.**

**CAPÍTULO I: ESTÁNDARES DE LAS OPERACIONES MINERAS.**

**Subcapítulo I: Ingeniería de la Masa Rocosa en Minería Subterránea:**

Artículo 209. -Cuando en el avance de labores mineras horizontales inclinadas o verticales y en el de las demás labores mineras, se encuentre rocas incompetentes, se procederá a su sostenimiento inmediato antes de continuar las perforaciones en el frente de avance, aplicando el principio de "labor avanzada, labor sostenida". El titular minero establecerá el mínimo estándar de Sostenimiento sistematizado

que se adecue a las características de dichas rocas incompetentes. La limpieza (carguío, acarreo) de labores horizontales e inclinadas, deberá realizarse con el uso de marchavantes y/o guarda cabezas.

Artículo 210.-En las etapas de exploración y explotación -incluida la preparación y desarrollo de la mina-, el titular minero deberá tener en cuenta:

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

b) Que, durante el plan de minado, debe establecerse una relación de comunicación técnica y profesional entre las áreas de geología, geomecánica, mina y el Gerente de Seguridad y Salud Ocupacional. Dicha comunicación debe permanecer durante todo el proceso de explotación, a efectos de prevenir el desprendimiento de rocas, especialmente cuando se atraviesa zonas de gran perturbación estructural.

c) Que los avances de las labores mineras no deberán exceder lo establecido en el plan mensual de minado, salvo modificación previa del mismo.

d) Que se mantenga el ancho y la altura de los tajeos por debajo de los parámetros establecidos en los cálculos de la geomecánica desarrollados para cada unidad de operación.

e) Que la sección y gradiente de las galerías y otras labores tengan las características estructurales del macizo rocoso, sus propiedades geomecánicas, la utilización que tendrá, y los elementos de servicio (agua, aire comprimido, cables eléctricos, ductos de ventilación) requeridos.

Artículo 214.-Para el desatado de rocas sueltas en cada labor, como mínimo, debe contarse con dos (02) juegos de cuatro (04) barretillas (de diferentes medidas) cada uno. Cuando el techo de la labor es mayor de cinco (05) metros, se utilizará obligatoriamente desatadores mecánicos. En galerías y rampas debe contarse como mínimo con un (01) juego de cuatro (04) barretillas cada cien (100) metros.

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

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

a) Inspeccionar las labores, taludes y botaderos, con el fin de verificar las condiciones del terreno antes de entrar en la zona no sostenida.

b) Desatar todas las rocas sueltas o peligrosas antes, durante y después de la perforación.

Asimismo, antes y después de la voladura.

c) Conservar el orden y la limpieza en el área de trabajo para realizar las tareas con seguridad y tener las salidas de escape despejadas.

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

Artículo 222. -Cuando en el avance de labores mineras horizontales, inclinadas o verticales se encuentre rocas incompetentes se procederá a su sostenimiento inmediato antes de continuar las perforaciones en el frente de avance, aplicando el principio de "labor avanzada, labor sostenida".

La limpieza (carguío, acarreo) de labores horizontales e inclinadas deberá realizarse con el uso de marchavantes y/o guarda cabezas.

## **1.4 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

1.- ¿Cuáles son las direcciones de los esfuerzos principales que afectan a las labores y que condiciona al diseño de minado de la veta Glorita 2?

2.- ¿Cómo es la influencia de la topografía y disposición del yacimiento para el método de minado de la veta Glorita 2?

## **1.5 VARIABLES**

### **1.5.1 Variables independientes**

- Economía.
- Litología.
- Yacimiento.

### **1.5.2 Variables dependientes**

- Presión de esfuerzos.
- Relajamiento de rocas.
- Velocidad de relleno.

### **1.5.3 Indicadores**

- Velocidad de minado
- Control de aberturas.
- Control de sostenimiento adecuado.

## **1.6 OBJETIVOS**

### **1.6.1 Objetivos generales**

1.- Determinar la orientación de los esfuerzos principales que afectan a las labores principales permanentes y labores

temporales con el fin de diseñar el método de minado y orientación de labores más estables que garanticen la seguridad de los trabajadores.

#### 1.6.2 **Objetivos específicos**

- 1.-Proporcionar un ambiente de trabajo seguro minimizando los riesgos de desprendimiento de roca y/o relajamiento de roca evitando accidentes a los trabajadores.
- 2.-Establecer la abertura máxima de minado determinando ciclos de minado con relleno hidráulico controlando los esfuerzos inducidos generados por la abertura.
- 3.-Uso adecuado de los elementos de sostenimiento.
- 4.- Reducción del consumo de madera en los tajos y labores en avance.

### 1.7 **HIPÓTESIS**

“Con el análisis de las orientaciones de los esfuerzos principales y el entendimiento de cómo actúan y que efectos produce a las excavaciones se determinará el mejor método de minado, generándonos mayor estabilidad, mayor velocidad de minado y mayor control de aberturas y minimizando estallidos de roca en los frentes de trabajo.”

## **CAPÍTULO II**

### **ASPECTOS GENERALES**

#### **2.1 DE LA EMPRESA**

Compañía Minera Poderosa S.A. se constituyó el 5 de Mayo de 1980, inscrita en el Registro Minero de la Oficina Registral de Lima y Callao, Asiento 01 - Ficha 24395 del Libro de Sociedades Contractuales y Otras Personas Jurídicas, con fecha 23 de Mayo de 1980. El objeto de la Empresa es el ejercicio de la actividad minera aurífera dentro de otras facultades que concede la ley para el sector privado.

Las actividades mineras de CMPSA se encuentran normadas por el Texto Único Ordenado D.S. N° 014-92 EM Ley General de Minería, Ley N° 28611 Ley General del Ambiente (deroga al Decreto Legislativo N° 613 Código del Medio Ambiente y de las Reservas Naturales), D.S. N° 016-93-EM Reglamento de Protección Ambiental de las Actividades Minero Metalúrgicas y sus posteriores modificatorias.

CMPSA viene realizando actividades de exploración y explotación en su UEA "La Poderosa de Trujillo", ubicada en el distrito y provincia Pataz, departamento La Libertad.

Razón Social : Compañía Minera Poderosa S.A.

Oficina Principal : Av. Primavera N° 834  
Urbanización Chacarilla del Estanque, Lima-33  
Teléfono: 617-2727 Fax: 372-8205

Oficina Administrativa: Calle Coronel Gómez No. 409  
Trujillo

Unidad Minera : Distrito de Pataz, Provincia de Pataz  
Departamento de La Libertad.

## 2.2 ACCESIBILIDAD Y UBICACIÓN

Compañía Minera Poderosa S.A. se divide en dos unidades económicamente activas: UEA La Libertad y la UEA Poderosa de Trujillo. Para el presente estudio geomecánico se realizará una descripción de la UEA Poderosa de Trujillo ya que es en ésta donde se ubica la Mina Papagayo, donde se encuentra la veta Jimena 4 y veta Glorita 2.

La mina de Papagayo se ubica en el paraje de Papagayo - El Tingo, la misma que se sitúa en la margen derecha del río Marañón, distrito y provincia de Pataz, departamento de La Libertad.

Sus coordenadas UTM y su altitud son las siguientes:

**Norte:** 9 147 178,514

**Este:** 210 485,250

**Altitud:** entre los 1 467 a 2 080 m.s.n.m.



Figura N° 1 Ubicación de la CIA. Minera Poderosa en el Perú





Figura N° 2 Ubicación de la CIA. Minera Poderosa en la Libertad

Se puede acceder a la Mina Papagayo desde la ciudad de Lima mediante:

**Vía aérea:**

DE	A	Distancia (Km)	Tiempo (hh:mm)	MEDIO
Lima	Trujillo	560	00:45	avión
Trujillo	Chagual	300	00:42	avioneta
Chagual	Mina	46	00:40	camioneta
<b>TOTAL</b>		<b>906</b>	<b>02:07</b>	

Tabla N° 1 Acceso vía aérea a mina Papagayo

**Vía terrestre:**

DE	A	Distancia (Km)	Tiempo (hh:mm)	MEDIO
Lima	Trujillo	560	08:00	Panamericana
Trujillo	Vijus	430	14:00	trocha
Vijus	Mina	16	00:20	trocha
<b>TOTAL</b>		<b>906</b>	<b>22:20</b>	

Tabla N° 2 Acceso vía terrestre a mina Papagayo

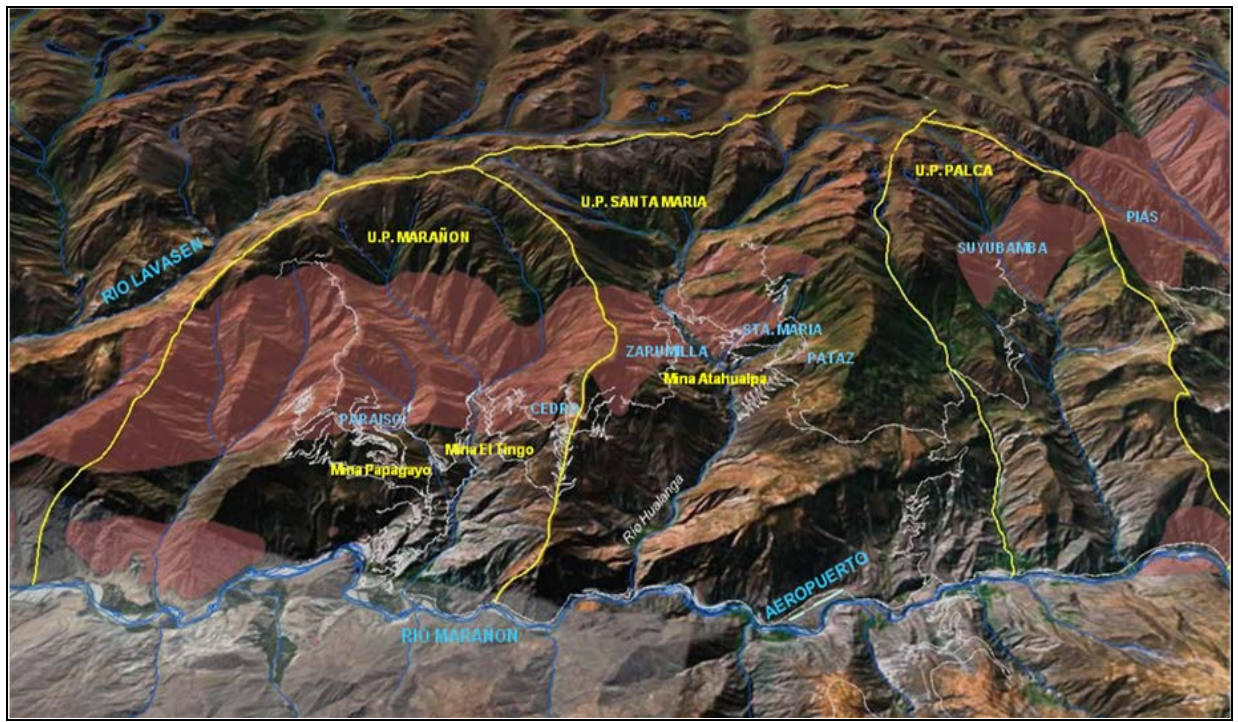


Figura N° 3 Ubicación de las unidades de producción CIA. Minera Poderosa

## 2.3 GEOLOGÍA

### 2.3.1 Fisiografía, geomorfología, drenaje y clima

Fisiográficamente el yacimiento se encuentra en el flanco occidental de la Cordillera Central, entre valles interandinos, (según Wilson, 1964), donde se observan valles agudos y quebradas profundas que se han formado por la erosión glacial fluvial, las que están en proceso de estabilización.

Geomorfológicamente la zona está afectada profundamente por la acción erosiva de las aguas de escorrentía, por lo que se encuentran relieves empinados, lo que limita el desarrollo de la agricultura en la zona. Se pueden observar tres unidades geomorfológicas:

- Cordillera Oriental: Caracterizados por geoformas positivas que llegan a tener altitudes de 4000 m.s.n.m., las cuales se alinean con el flanco oriental de la cordillera de los Andes.

- Valles: Son geoformas negativas y angostas, por las que discurre el río Parcoy, el cual desemboca en la laguna de Pías.

El clima es en general templado durante el año con lluvias entre los meses de noviembre y marzo. Se presentan ventarrones durante los meses de julio y agosto. Los cambios de temperatura están controlados básicamente por la geografía, con promedios de 20° en la zona. La vegetación silvestre es abundante cubriendo la superficie de los cerros principalmente en épocas de lluvias.

### **2.3.2 Geología Estructural**

Según el cuadro tectónico descrito por Wilson Reyes (1967) para la zona existen 4 unidades tectónicas, una provincia de pliegues, un área imbricada, las fosas tectónicas del Marañón y una zona de bloques fallados, siendo esta última la que correspondería al área de estudio.

El distrito minero ha sido afectado por los diferentes eventos tectónicos sufridos en los últimos 399 Ma dando como resultado una complejidad estructural muy marcada. No presenta fuerte foliación, por lo que se supone intruyó la corteza superior en una zona extensional. Dicha zona extensional se habría reactivado subsecuentemente como consecuencia de un sistema de fallas inversas oblicuas durante la mineralización y de nuevo por fallamiento postmineralización.

Las fallas producto de los eventos tectónicos regionales pueden haber tenido un efecto en la distribución de zonas mineralizadas, que incluye fallamiento y plegamiento pre-mineral, sin-mineral y post-mineral. Los eventos pre-mineral incluyen deformación y metamorfismo en el complejo Marañón Proterozoico (la orientación estructural o direcciones de compresión no son muy

reconocidas), débil acortamiento NW-SE en el Ordoviciano, acortamiento NE-SW en el Devoniano tardío, y extensión NW-SE durante la intrusión del batolito de Pataz en el Missisipiano (Haeberlin y Fontboté, 2002).

El contacto occidental del Batolito es una falla Cenozoica tipo “Strike-slip” (salto sobre su rumbo) orientada  $350^{\circ}/85^{\circ}$ , como lo indican las estriaciones de falla horizontal “Slickenlines” observadas en la quebrada Balcón. Esta falla es casi paralela a todas las vetas occidentales y probablemente sea una reactivación de una falla de primer orden sin-mineral (E. Nelson, 2003). El área presenta tres sistemas de fallas importantes.

### 2.3.3 Estratigrafía

La historia geológica de la región consta de eventos sedimentarios que van del Precámbrico hasta el reciente, afectados por intrusiones de diversos tipos, composiciones, así como edades.

Regionalmente la geología del distrito está dominada por tres franjas:

- El basamento Precambriano del Complejo Maraón (Este).
- El Batolito de Pataz del Carbonífero.
- Los estratos deformados del Pérmico – Cenozoico (Oeste).

La geología de la zona está vinculada a la evolución estratigráfica y estructural de la Cordillera Andina del norte del Perú la cual está formada por la superposición de tres ciclos orogénicos: el Precámbrico, el Hercínico y el Andino.

**Rocas Sedimentarias.-** La sedimentación del ciclo andino que es más notoria en la Cordillera Occidental, comienza con las calizas del Grupo Pucará, cubiertas posteriormente por areniscas del

Grupo Goyllarisquizga, calizas de la Formación Crisnejas y por las capas rojas de la Formación Chota.

**Grupo Ambo (Ci-a).**- Constituido por areniscas, lutitas de color gris marrón a verdoso, en capas delgadas, con intercalaciones de conglomerados gris verdoso, duros y compactos en matriz areno arcillosa, se observan algunos afloramientos remanentes en la quebrada del Chorro y Cabana, sobre el Batolito de Pataz. La edad asignada es de 345 MA, perteneciente al Carbonífero – Missisipiano Medio.

**Grupo Mitu (Ps-m).**- Conformado por conglomerados rojo ladrillo, lutitas, limolitas, cuarcitas rojo brunáceas y cuarcitas gris brunáceas. Hacia el contacto con el batolito de Pataz se observan riolitas de tono rojizo. Aflora en los caseríos de Tambo, Cabrillas y Pilancon formando una faja paralela al batolito de Pataz en este sector. El distrito de Pataz se sitúa sobre un aluvión donde predominan las Capas Rojas del grupo Mitu, este aluvión cubre al batolito, observándose remanentes hasta Retamas. Se asignó al período Pérmico superior, 280 Ma.

**Grupo Pucará (TrJi-p).**- Conformado por calizas grises, negras y grises blanquecinas en bancos gruesos, parcialmente silicificadas y con nódulos de sílice blanco. Se observan como blocks rodados sobre las Capas Rojas y en el cauce y bordes del río Mishito. Aflora en forma paralela al grupo Mitu, hacia el oeste. Se le ha asignado al Triásico Superior, Jurásico Inferior-Superior. 180 Ma.

**Formación Crisnejas (Ki-cr).**- Consiste de calizas grises a pardas, areniscas calcáreas, lutitas calcáreas, en capas medianas a delgadas. Tiene la misma litología de la Formación Chulec. El contacto superior es una discordancia erosional con los sedimentos clásticos de la Formación Rosa, Chota o Capas Rojas. Aflora en el flanco oeste del río Parcoy, Pías, camino a Pataz, quebrada Condormarca y Calemar. Potencia estimada de

200 m. Se le ha asignado al período Cretáceo inferior (Albiano 120 MA).

**Formación Chota (Ksp-ch).**- Consiste de areniscas, limolitas, conglomerados finos en capas delgadas, medianas y gruesas, de color rojo intenso y gris brunáceo, en estratificación irregular. Predominan las capas lenticulares. Aflora en Alpamarca, camino a Pías. El ancho estimado es de 200 m y está asignado al Cretáceo inferior (Albiano Superior-Cenomaniano Inferior. 115 MA.).

**Rocas Metamórficas.**- El Precambriano corresponde a las rocas del Complejo Marañón, el Hercínico está formado por las pizarras de la Formación Contaya.

**Complejo Marañón (Pe-cma).**- Constituida por filitas de color verde oliva, textura fina, brillante, con esquistocidad, contiene talco, clorita, sericita, calcita; aflora en Llacuabamba, en el flanco NE y se ha estimado un ancho de 250 m. Infrayacen andesitas silicificadas, dacitas, microdioritas. Se le conoce también como Metavolcánicos, rocas de grano fino a grande, porfiríticos, lavas de color gris a gris verdosa, aflora en el flanco este del río Parcoy; potencia estimada 250 m. Como base del complejo tenemos mica, esquistos, rocas foliadas gris verdosa, la foliación grada desde una laminación fina a una esquistocidad somera; con el esquisto están asociados vetillas de cuarzo de rumbo variable que generalmente cortan la foliación, esto se observa sobre la trocha a la Soledad a la altura de la curva 8 y en el cementerio de Llacuabamba. Se le asigna al Neoproterozoico – Cámbrico.

**Rocas Volcánicas.**- En el permiano superior se tiene una acumulación volcánica andesítica conocida como volcánico Lavasen, que tiene una amplia distribución en las partes altas de Pataz, principalmente al Este.

**Volcánico Lavasen (Csp-lav).**- Está constituido por bancos macizos, gruesos, casi horizontales, de piroclásticos grisáceos, tufos dacíticos, riolíticos, en menor proporción brechas y tufos

andesíticos. Aflora en las cumbres de la margen derecha del río Parcoy, sobre el complejo Marañón y batolito de Pataz, el ancho estimado es de 1500m. Edad: Paleozoico, Período: Carbonífero Superior, Permiano Inferior.

**Rocas Intrusivas.-** Durante el carbonífero las rocas de la zona hasta ese entonces depositadas fueron afectadas por una gran intrusión magmática de composición calcoalcalina, denominada “Batolito de Pataz”. Posteriormente en el Paleógeno se produjeron emplazamientos intrusivos menores de composición diorítica a cuarzo monzonítica.

**Batolito de Pataz.-** La composición litológica del batolito es ácida a intermedia, caracterizado por granodiorita, diorita y cuarzo-monzonita. Diques aplíticos, microdioríticos y andesíticos posteriores, afectan al batolito y en algunos casos cortan algunas vetas. La textura de las rocas plutónicas es variable, son comunes las tonalitas y granodioritas con zonación a bordes dioríticos así como pulsaciones más jóvenes de cuarzo-monzonita. En los bordes y cúpulas se observan xenolitos de microdiorita. El batolito de Pataz aflora con un rumbo promedio de N30°W (lineamiento andino) cuyo contacto con las rocas circundantes es irregular y fallado. Estructuralmente, el batolito está sumamente fracturado y fallado, probablemente porque es un cuerpo tabular estrecho, que se emplazó en una zona de falla extensional, que subsecuentemente se reactivó como una zona de falla inversa oblicua. (E. Nelson). Su longitud reconocida en la región es de 120 km aproximadamente y con un ancho de 2 km. En el sector de Parcoy, este macizo rocoso está controlado por dos lineamientos mayores de orientación N30°W. La edad ha sido datada en varios estudios, destacando la data de Schreiber et al (1990), el cual por el método de 40AR/AR39 definió edades entre 305 Ma. – 321 Ma. Estudios más recientes de Haerberlin et al

(1992) por el mismo método, registraron edades entre 322 Ma – 328 Ma.

Depósitos Cuaternarios.- Existen depósitos coluviales sobre el batolito de Pataz, acompañado de suelos recientes. Se observan acumulaciones de sedimentos fluviales que muestran una deficiente selección granulométrica sin estratificación definida, formando depósitos cuaternarios recientes generalmente de naturaleza ígnea (terrenos de cultivo actuales), en el sector de Cabana, parte inferior de Mishito grandes áreas del batolito están cubiertos por depósitos coluviales hasta el río Llacuabamba.



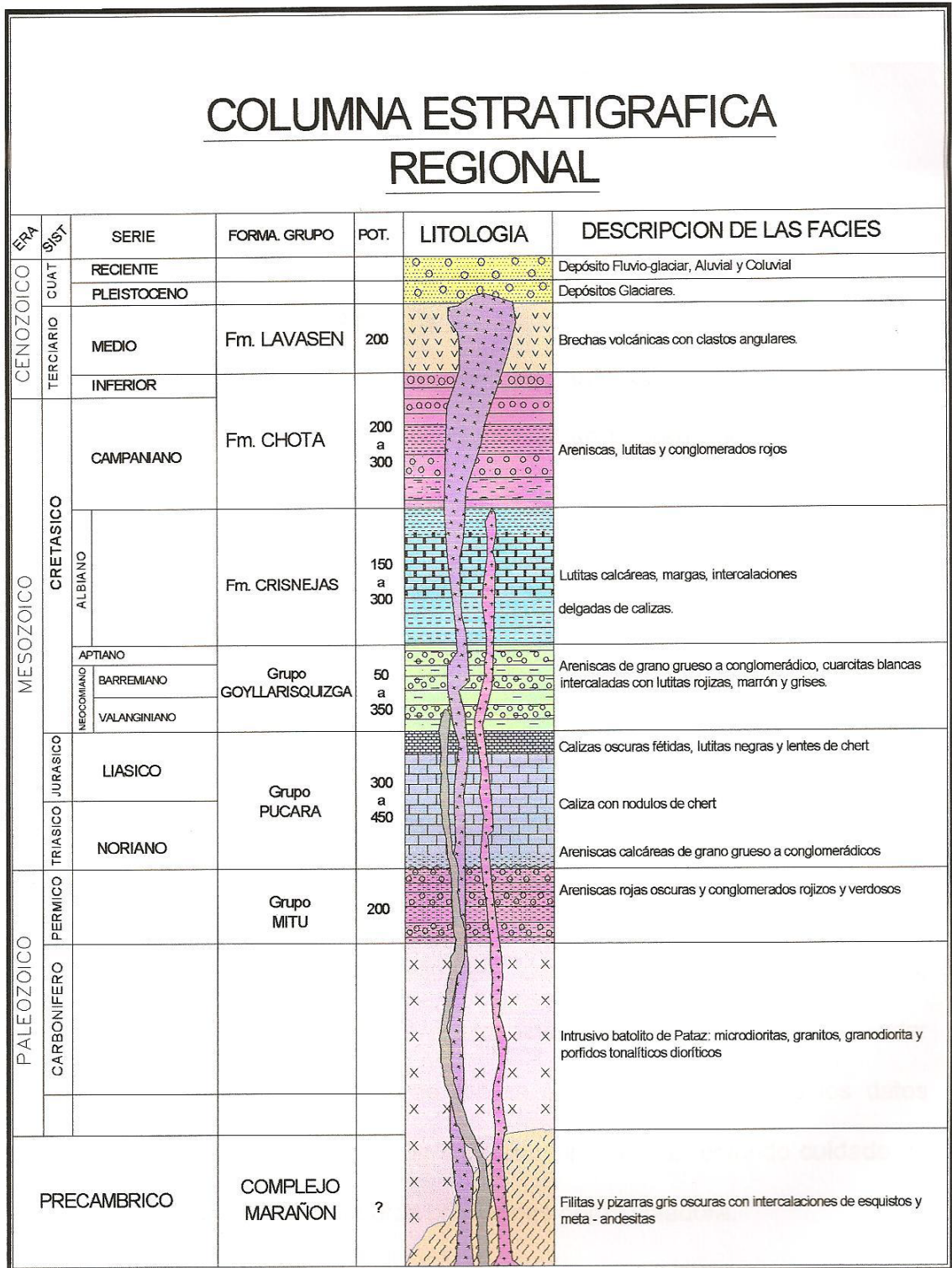


Figura N° 4, Columna estratigráfica de la zona de Pataz. (Información de la Mina)

#### 2.3.4 Geología económica

Las fracturas pre-existentes a la mineralización tiene un rumbo paralelo a las grandes fallas N-S con buzamiento variable al noreste, la mineralización rellenó estas fracturas con cuarzo, pirita que posteriormente fueron afectadas por fallas transversales; esto dio origen a que las vetas presenten un modelo tipo rosario.

Las vetas son típicamente mesotermales donde prima la asociación “cuarzo, pirita, oro” así como otros minerales asociados en menor magnitud como clorita, sericita, calcita, ankerita, galena, esfalerita.

Las vetas se alinean a una dirección dominante N 20°W con buzamientos al NE, siendo casi todas el resultado del emplazamiento del sistema de fallas de cizalla, así mismo se han identificado “sistemas” de vetas, constituidos por una veta central o principal con ramales y sigmoides asociados. La mayoría de las vetas presentan marcadas variaciones en rumbo y buzamiento, generando zonas de mayor apertura y enriquecimiento, emplazados en zonas de debilidad y cizallamiento que favorecieron el relleno mineralizante y la formación de “clavos”. La extensión horizontal e individual de las estructuras en algunas decenas de metros las cuales están controladas por fallas transversales sinextrales en la mayoría de los casos, de actividad tanto pre como post al emplazamiento de la mineralización.

La paragénesis de las vetas auríferas es simple y repetida.

- Estadío I.- Corresponde al relleno más antiguo de cuarzo lechoso acompañado de pirita gruesa y arsenopirita, por reactivación tectónica de las vetas se produce el fracturamiento y microfracturamiento de los minerales depositados en esta etapa.

- Estadío II.- Ocurre el ascenso de cuarzo gris de grano fino, esfalerita con exsoluciones de calcopirita y pirrotita, posteriormente galena con inclusiones de sulfosales de Sb, el electrum está hospedado principalmente en la esfalerita. Precipitando más tarde el oro nativo generalmente con galena y también en la piritita fracturada, hacia el final de esta etapa tiene lugar un proceso de recristalización a pequeña escala y nueva deposición de piritita y arsenopiritita.

En una etapa tardía se deposita cuarzo con carbonatos. El volumen de los minerales del estadío I es mucho mayor que los depositados en el estadío II, sin embargo este estadío es la etapa aurífera.

Los minerales que conforman las estructuras de interés económico son:

- Microscópicamente.- Cuarzo lechoso con abundante piritita. En algunas zonas se observa pequeñas cantidades de galena, esfalerita y arsenopiritita. También se observa oro nativo en el cuarzo.
- Microscópicamente.- A continuación se nombra el orden decreciente de abundancia de los minerales hipógenos y supérgenos (según Luís Ángel de Montrevil Díaz).
  - Cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), componente predominante
  - Piritita ( $\text{FeS}_2$ )
  - Calcita ( $\text{CaCO}_3$ )
  - Sericita  $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$
  - Arsenopiritita  $\text{FeAsS}$
  - Galena  $\text{PbS}$
  - Esfalerita ( $\text{ZnS}$ )
  - Calcopiritita ( $\text{CuFeS}_2$ )
  - Oro nativo ( $\text{Au}$ )

- Esfena o Tetanita ( $\text{CaTiSiO}_3$ )
- Pirrotita  $\text{FeS}_{1-x}$
- Cerusita  $\text{PbCO}_3$
- Covellita  $\text{CuS}$
- Limonita (goethita)  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{nH}_2\text{O}$
- Bornita  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$

### 2.3.5 Mineralización

La mina Papagayo aloja distintas vetas; Mercedes, Jimena, Carmela, Huayos, Glorita 2, etc. Actualmente en mina Papagayo se está explotando la veta Jimena y Glorita 2. Se describe la Veta Glorita 2, a continuación;

#### a. Veta Glorita 2

La veta Glorita 2 tiene una orientación promedio de N 320°-N 330°, con buzamientos desde 25° hasta la horizontal NE; la extensión en el rumbo es de 450 m y en el plunge es de 550 m; la potencia varía de unos centímetros hasta 3 m con un promedio de 1,04 m y 34,54 g Au/TM (el valor errático más alto reportado es de 5 305,32 g Au/TM para una potencia de 0,68 m). La alteración típica y predominante es la fílica con bordura externa propilítica.

#### b. Litología de la veta Glorita 2

La litología predominante es granodiorita y monzogranito, los ore shoots muestran una geometría irregular elíptica. Los valores más altos se encuentran cuando la superficie de la veta muestra asperidades así como en las intersecciones de fracturas con azimut 115° con 45°, si bien, gran parte coincide con los valles también ocurre en los picos. Es claro que la relación potencia - ley no es directa, ya que si bien gran parte de las mayores espesores se encuentran al interior del ore

shoot, muchas otras zonas muestran potencias altas con valores bajos de oro. Sobre el nivel 1 987 hasta el nivel 2 017 el control para el emplazamiento del ore shoot es la variación del buzamiento de alto a bajo las que forman domos de extensión, el mismo comportamiento es observado en la zona inferior del ore shoot entre los niveles 1 897 a 1 940, mientras que hacia el norte donde el buzamiento es más regular está controlado por el cambio de rumbo. Ocurre que esta anomalía está ligada a fallas secantes de dirección  $115^\circ$  que corresponderían al sistema de La Brava con estructuras subverticales de dirección  $45^\circ$ . De los dos grandes clavos observados el inferior (J1) posee una ley promedio de 48,70 g Au/TM para una potencia de 1,16 m y el superior (J2) con una potencia de 1,08 m de 31,44 g Au/TM como ley promedio.

### **2.3.6 Mineralogía**

El ensamble mineralógico lo constituye una asociación típica mesotermal de cuarzo – pirita - oro. Este último se le observa como electrun y libre, rellenando las fracturas y contactos de la galena-pirita. Aparte de los minerales indicados también son reconocidos minerales como; arsenopirita, calcopirita, pirrotita, etc.

### **2.3.7 Tipo de yacimiento**

Las vetas que se encuentran en la mina Papagayo son de tipo filoneano, con concentraciones mineralógicas de pirita aurífera a modo de clavos y cuyo origen se atribuye a procesos hidrotermales post magmáticos y asociados al emplazamiento del Batolito de Pataz.

### 2.3.8 Alteraciones.

Respecto de las alteraciones podemos indicar que, en estos tipos de depósitos, la alteración hidrotermal está íntimamente relacionada a los mecanismos de deformación y geometría de las zonas de fractura y cizalla. Por otro lado, varían ampliamente de acuerdo a la litología y temperatura de los fluidos hidrotermales. Depósitos formados a diferente temperatura dentro de similares protolitos pueden tener diferentes ensambles de alteración hidrotermal.

Las alteraciones asociadas con la mineralización son:

- Sericítica.- En la zona de alteración el cuarzo es el único mineral primario no alterado, el resto de minerales fue reemplazado por sericita, cloritas y pirita; a veces la clorita, como producto de alteración temprana, es reemplazada en una fase posterior por mica blanca (moscovita). En general, la roca alterada presenta un color crema. El halo de alteración se extiende a pocos centímetros o a veces a varios metros de la estructura mineralizada.
- Propilítica.- Es una alteración hidrotermal temprana y está afectando a los ferro-magnesianos de los diferentes tipos de rocas. Está ampliamente distribuida como halos externos y adyacentes a la alteración sericítica.

## **CAPÍTULO III**

### **MINERIA**

#### **3.1 MINA**

El área de mina comprende dos zonas, la zona de Marañón y la zona de Santa María, la zona de Marañón es la que aporta un 85% de la producción de Compañía Minera Poderosa.

##### **3.1.1.- Ubicación de vetas**

En la zona de producción de Marañón se tiene las siguientes vetas reconocidas y que son económicamente explotables:

- Veta Jimena 4
- Veta Glorita
- Veta Glorita 2
- Veta la Lima

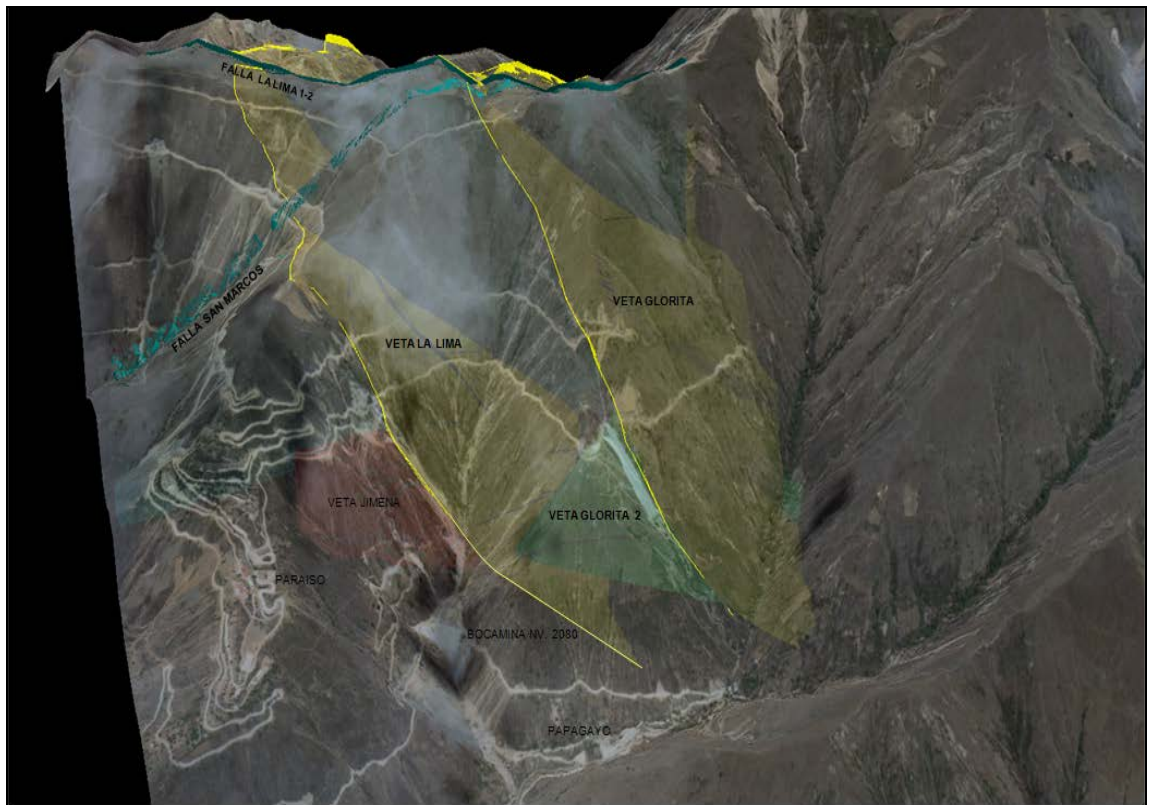


Figura N° 5, Ubicación de vetas de la zona de Maraón

### 3.1.2 Recursos para la explotación

Para la explotación de las minas de la Compañía Minera Poderosa tanto en zona de Maraón y la zona de Santa María, donde el método de explotación empleado es convencional y Trackles, cada uno de estos dependerá de la potencia de la veta y buzamiento de la misma para emplear los métodos mencionados, en la siguiente cuadro se detalla los recursos de cada zona para la parte de operaciones mina.



Método	Descripción	Cantidad		Total	Total	Und
		Zona Norte	Zona Sur	Cantidad	Capacidad	
Trackless	Cargador Bajo Perfil	6	1	7	752	HP
	Camion Bajo Perfil	6	1	7	991	HP
Convencional	Bombas	20	6	26	737	HP
	Compresora Electrica	7	5	12	10,470	CFM
	Compresora Diesel	1		1	750	CFM
	Locomotora Trolley	5	1	6	36	TM
	Locomotora a Bateria	7	6	13	42	TM
	Palas Neumaticas	6	7	13	3	M3
	Ventilador Electrico	44	22	66	113,900	CFM
	Wiche Electrico	32	9	41	814	HP
	Aspiradoras	2		2	150	HP

Tabla N° 3, Recursos de mina

### 3.1.3 Consumo de Madera

En siguiente cuadro se muestra el consumo de madera en el año 2010. Notándose en la zona Norte un 25% de consumo en labores de avance y un 75% en labores de explotación, y en la Zona Sur 65% en labores de avance y 35% en labores de explotación.

Año		2010		
Suma de Total Madera (TN)		Etap2		
ZONA	Mes	AVANCE	TAJO	Total general
NORTE	Ene-10	67.14	134.09	201.23
	Feb-10	46.74	161.94	208.69
	Mar-10	47.25	150.01	197.26
	Abr-10	64.86	90.22	155.08
	May-10	74.32	81.38	155.70
	Jun-10	66.14	156.62	222.76
	Jul-10	23.27	245.39	268.67
	Ago-10	60.07	184.69	244.76
	Sep-10	58.06	199.06	257.12
	Oct-10	93.63	246.39	340.02
	Nov-10	96.74	292.11	388.85
	Dic-10	33.26	225.28	258.53
<b>Total NORTE</b>		<b>731.50</b>	<b>2,167.17</b>	<b>2,898.67</b>
SUR	Ene-10	37.59	19.47	57.07
	Feb-10	46.01	31.29	77.29
	Mar-10	69.81	31.45	101.25
	Abr-10	45.77	26.40	72.18
	May-10	32.71	21.91	54.62
	Jun-10	31.31	24.35	55.66
	Jul-10	55.96	21.68	77.64
	Ago-10	25.87	12.89	38.76
	Sep-10	32.14	19.21	51.35
	Oct-10	46.39	27.19	73.59
	Nov-10	65.93	23.71	89.64
	Dic-10	36.28	21.60	57.88
<b>Total SUR</b>		<b>525.78</b>	<b>281.16</b>	<b>806.94</b>
<b>Total general</b>		<b>1,257.28</b>	<b>2,448.33</b>	<b>3,705.61</b>

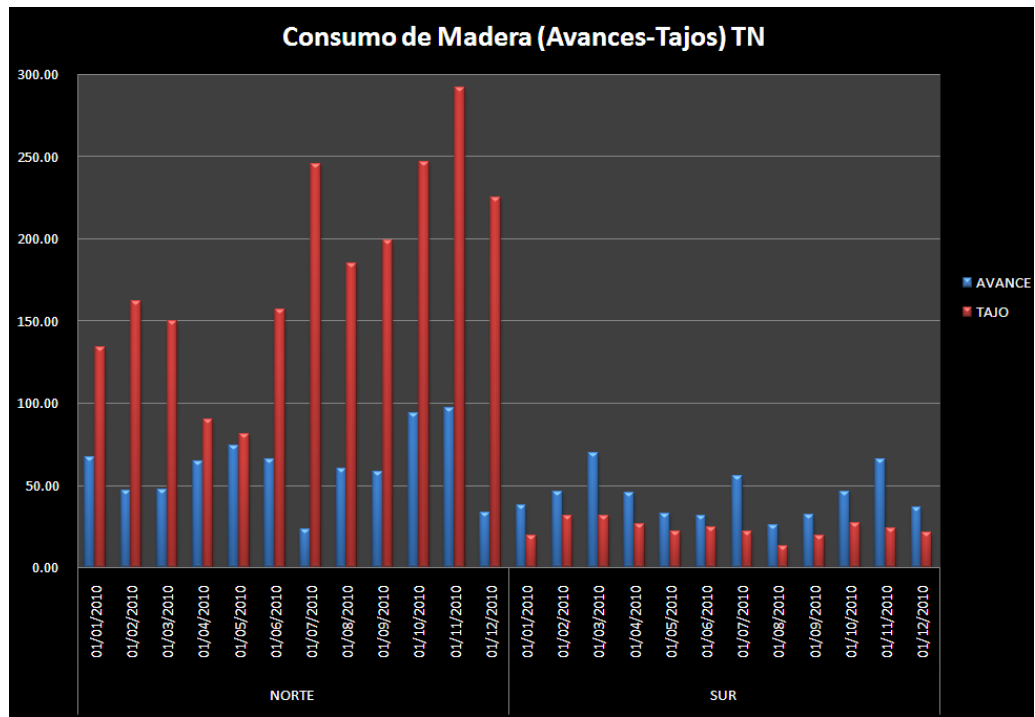


Figura N° 6: Comparación del consumo de madera tanto en tajos como en avances en la Zona Norte y Zona Sur.

### 3.1.4 Método de explotación.

El método de explotación que se emplea es de Longas Verticales, los block que se explotan son de dimensión 20 x 30, y su dimensionamiento se muestra en el siguiente grafico, los detalles de las labores es el siguiente:

- La altura del tajo o plano de veta es de 30 metros el cual corresponde entre pisos de las galerías de los dos niveles.
- Se desarrolla una galería de 2,50 x 2,50
- Las chimeneas de preparación son de 1,50 x 1,50 y, están separadas 20 metros de lado a lado.
- El puente de mineral en el techo de la galería es de 3,0 metros y en el piso de la galería de 2,50 metros.
- El área a romper en veta es de 20 x 20,7
- La rotura es en franjas verticales o desarrollando cámaras, dependiendo de la calidad del macizo rocoso.

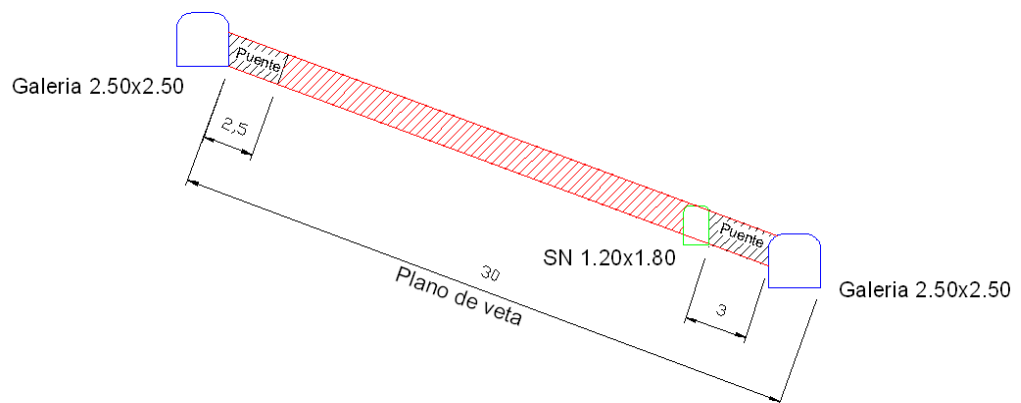


Figura N° 7, Vista de perfil de block de explotación

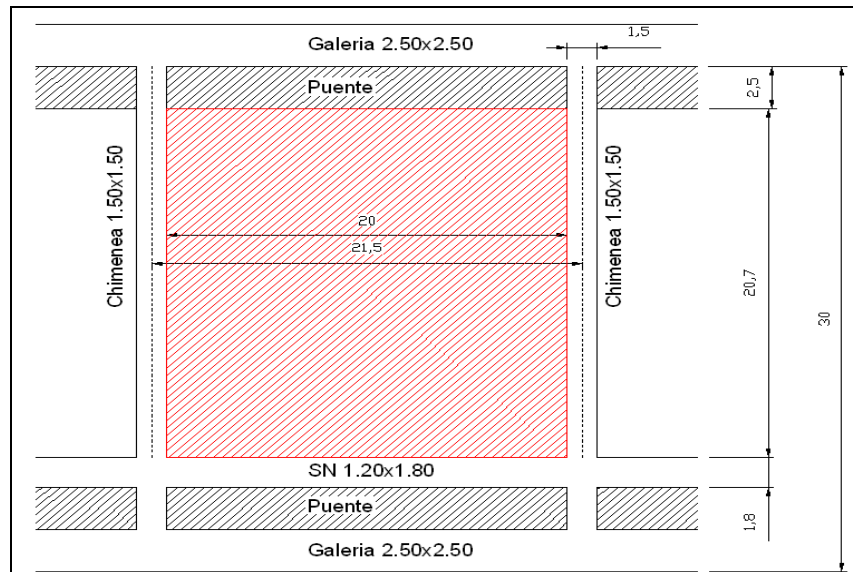


Figura N° 8, Vista de planta de block de explotación

- El hecho de tener tajos pequeños hace que se tenga más frentes de trabajo y aporte de mineral.
- El proceso de explotación de los Blocks se realiza mediante el método convencional, perforación del tajo con maquina Jack Leg y limpieza con Winche de 30 HP y trasporte de mineral por locomotora a batería y a línea trolley dependiendo la zona de explotación.
- Luego de haber realizado la limpieza de los Blocks de explotación se realiza una campaña de barrido de finos en las zonas con leyes altas, con la maquina Trans Vac (aspiradora de finos), donde es recolectados en sacos para ser llevados a las tolvas de almacenaje de mineral



Foto N° 1, Maquina Trans Vac en proceso de recuperación de finos



Para la recuperación de mineral en las zonas con alta dilución se utiliza la zaranda de recuperación.



Foto N° 2, Zaranda para la recuperación de Mineral

Después de haber explotado y recuperado los finos de los tajos de explotación, los tajos pasan a la última etapa del ciclo de minado que es el relleno hidráulico de todas las zonas de explotación para controlar la disturbacion ocasionada por la explotación del mineral y poder explotar los tajos aledaños en una forma ordenada.



Foto N° 3, Ciclo de Relleno Hidráulico

### 3.1.5 Proyectos de mina

Como proyectos de mejora para el ciclo de minado y disminución de costos de transporte de materiales y personal, se tiene contemplado los proyectos de Pique Jimena y el proyecto integral de transporte de mineral y desmonte por la cortada Aurora y túnel Estrella.

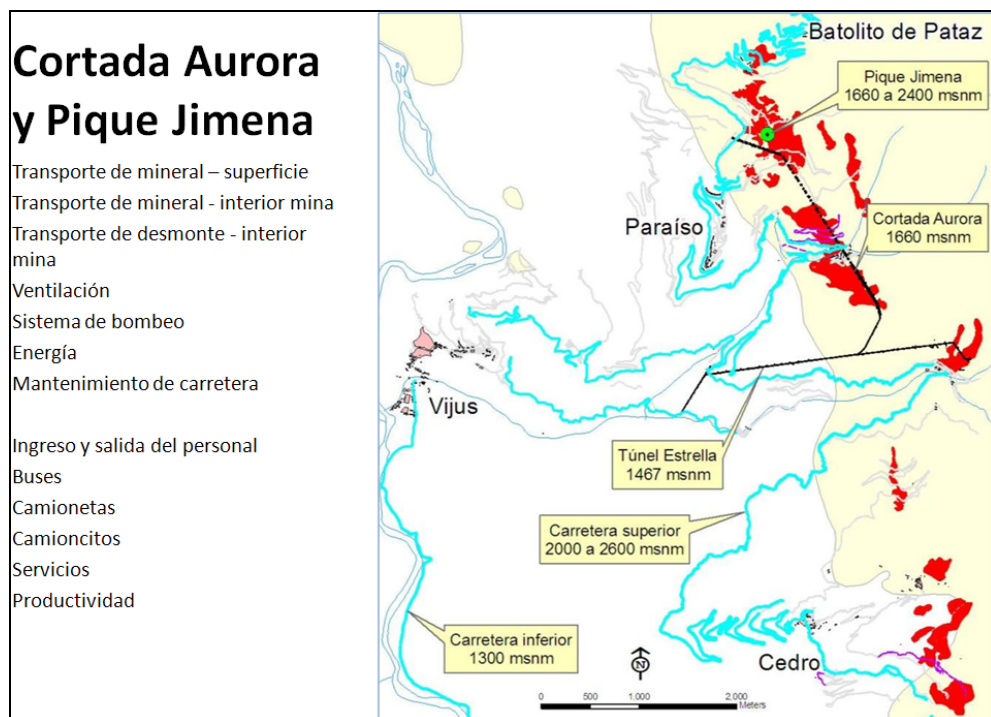


Figura N° 09, Proyecto de cortada Aurora y pique Jimena



## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO CONCEPTUAL Y TEORICO**

#### **4.1 CLASIFICACION GEOMECANICA**

##### **4.1.1 Índice Geológico de Resistencia GSI**

El Índice Geológico de Resistencia (G.S.I.) propuesto por Hoek (1997) y Hoek Kaiser y Bawden (1998) proporciona un sistema práctico para estimar la variación de la resistencia que presentaría un macizo rocoso con diferentes condiciones geológicas.

La resistencia de un macizo rocoso fracturado depende de las propiedades de los trozos o bloques de rocas intacta y también, de la libertad de estos para girar o deslizarse bajo distintas condiciones de esfuerzo. Esta libertad está controlada por el perfil geométrico de los trozos o bloques de roca intacta, así como también, por la condición de la superficie que separan dichos trozos o bloques.

La historia geológica de cada área o región (procesos geomorfológicos, sedimentarios, estructurales, ígneos y metamórficos, hidrogeológicos, metalogenéticos y otros) han influido en forma determinante en las propiedades y características de los parámetros utilizados en el índice

geológico de resistencia o G.S.I, por lo tanto, la evaluación geológica de un área debe ser tomada muy en cuenta para la aplicación de este índice.

- **Tablas originales del G.S.I. según Hoek.**

Estas tablas incluyen la caracterización del macizo rocoso según el grado de trabazón de los bloques o trozos de roca y la condición de las discontinuidades (lamina 1 – cuadro 1), así como, una estimación numérica del Índice Geológico de Resistencia G.S.I. (lamina 1 – cuadro 2), en base a la descripción proporcionada por la tabla anterior.

## LÁMINA 1: TABLAS GSI SEGÚN HOEK

Tabla 1 : CARACTERIZACION GEOTECNICA DEL MACIZO ROCOSO SEGUN EL GRADO DE TRABAZON DE LOS BLOQUES O TROZOS DE ROCA Y LA CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES

CARACTERISTICAS DEL MACIZO ROCOSO PARA EVALUAR SU RESISTENCIA		CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES				
<p>Basandose en la apariencia del afloramiento de roca escoga la categoria que , segun su criterio que mejor describe la condicion tipica del macizo rocoso insitu , en condicion no perturbada .</p> <p>Note que superficies expuestas de roca que han sido afectadas por voladura pueden dar una impresion erronea de la calidad de la roca subyacente, por lo tanto es necesario considerar algun ajuste por voladura.</p> <p>Es tambien importante entender que el criterio de HOEK-BROWN , solo se debe aplicar en macizos rocosos cuyo tamaño de bloque tipico es pequeno con respecto al tamaño de la excavacion considerada.</p>		MUY BUENA MUY RUGOSA , FRESCA SUPERFICIES INALTERADAS	BUENA RUGOSA , LEVEMENTE ALTERADA , OXIDACION EN LAS PAREDES DE LAS DISCONTINUIDADES.	REGULAR PLANA MODERADAMENTE ALTERADA , Y SUPERFICIE INTEMPERIZADA	POBRE SUPERFICIE PULIDA , ALTAMENTE ALTERADA CON RELLENO COMPACTO O DE FRAGMENTOS ANGULOSOS.	MUY POBRE SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, ALTAMENTE ALTERADA CON RELLENO BLANDO ARCILLOSO.
ESTRUCTURA DEL MACIZO ROCOSO						
	<b>MASIVO O INTACTO</b> Macizo rocoso intacto Discontinuidades muy espaciadas y cerradas	M/MB	M/B	M/R	M/M	M/MM
	<b>FRACTURADA EN BLOQUES</b> Macizo rocoso conformado por trozos o bloques de rocas bien trabados, de forma cubica y definidos por 3 sets de estructuras, ortogonales entre si.	FB/MB	FB/B	FB/R	FB/M	FB/MM
	<b>FUERTEMENTE FRACTURADA EN BLOQUES.</b> Macizo rocoso algo perturbado , conformado por trozos o bloques de roca trabada de varias caras , angulosos y definidos por 4 o mas sets de estructuras.	FF/MB	FF/B	FF/R	FF/M	FF/MM
	<b>FRACTURADA Y PERTURBADA.</b> Macizo rocoso plegado y/o afectado por fallas, conformado por trozos o bloques de rocas de varias caras , angulosos y definidos por la interseccion de numerosos sets de estructuras.	FP/MB	FP/B	FP/R	FP/M	FP/MM
	<b>DESINTEGRADA.</b> Macizo rocoso extramadamente fracturado y quebrado , conformado por bloques y trozos de roca angulosos o redondeados pobremente trabados.	D/MB	D/B	D/R	D/M	D/MM

Tabla 2 : ESTIMACION DEL INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA , GSI , EN BASE A UNA DESCRIPCION GEOLOGICA DEL MACIZO ROCOSO

INDICE GEOLOGICO DE RESISTENCIA		CONDICION DE LAS DISCONTINUIDADES				
<p>De las condiciones de las rocas que se encuentran en el afloramiento del macizo rocoso y de las condiciones de las discontinuidades en las tablas de estimación de resistencia apropiadas en esta tabla, determine el valor mínimo del índice geológico de resistencia. Este, de las condiciones que existen en la tabla, es el más pobre de las mejores condiciones que existen. Ejemplos de 85 a 40 y de esas condiciones que existen un único valor por ejemplo 50</p>		MUY BUENA MUY RUGOSA , FRESCA SUPERFICIES INALTERADAS	BUENA RUGOSA , LEVEMENTE ALTERADA , OXIDACION EN LAS PAREDES DE LAS DISCONTINUIDADES.	REGULAR PLANA MODERADAMENTE ALTERADA , Y SUPERFICIE INTEMPERIZADA	POBRE SUPERFICIE PULIDA , ALTAMENTE ALTERADA CON RELLENO COMPACTO O DE FRAGMENTOS ANGULOSOS.	MUY POBRE SUPERFICIE PULIDA Y ESTRIADA, ALTAMENTE ALTERADA CON RELLENO BLANDO ARCILLOSO.
ESTRUCTURA DEL MACIZO ROCOSO						
	<b>MASIVO O INTACTO</b> Macizo rocoso intacto Discontinuidades muy espaciadas y cerradas	95	85	75	65	55
	<b>FRACTURADA EN BLOQUES</b> Macizo rocoso conformado por trozos o bloques de rocas bien trabados, de forma cubica y definidos por 3 sets de estructuras, ortogonales entre si	85	75	65	55	45
	<b>FUERTEMENTE FRACTURADA EN BLOQUES.</b> Macizo rocoso algo perturbado , conformado por trozos o bloques de roca trabada de varias caras , angulosos y definidos por 4 o mas sets de estructuras.	75	65	55	45	35
	<b>FRACTURADA Y PERTURBADA.</b> Macizo rocoso plegado y/o afectado por fallas, conformado por trozos o bloques de rocas de varias caras , angulosos y definidos por la interseccion de numerosos sets de estructuras.	65	55	45	35	25
	<b>DESINTEGRADA.</b> Macizo rocoso extramadamente fracturado y quebrado , conformado por bloques y trozos de roca angulosos o redondeados pobremente trabados.	55	45	35	25	15



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

Primer Parámetro:

Masivo o intacto (intact or massive).

Fracturado en bloques (blocky).

Fuertemente fracturado en bloques (very blocky)

Fracturado y perturbado (blocky/disturbed).

Desintegrado (desintegrated).

Este primer parámetro está en función de la disminución de la trabazón del macizo descendiendo en la tabla de arriba hacia abajo.

Segundo Parámetro:

Para la condición de las discontinuidades es usada la siguiente:

Muy Buena (very good)

Buena (good)

Regular (fair)

Mala (poor)

Muy mala (very poor).

Este segundo parámetro está en función del empeoramiento de las condiciones de las discontinuidades y disminuye en la tabla de izquierda a derecha.

Definido el tipo de macizo rocoso en la tabla descriptiva del G.S.I. (lamina 1 – cuadro 1), se emplea la tabla estimativa del G.S.I. (lamina 1 – cuadro 2) para determinar un rango de valores asignada a esta clasificación descriptiva (En nuestro caso la clasificación GSI corresponde a.  $MF/B = 60 \pm 5$ ).

- **Tabla G.S.I. modificada.**

En base a las tablas originales del Índice G.S.I. y teniendo como objetivo que puedan ser utilizadas en forma muy práctica y sencilla, sin dejar de tomar en cuenta las características principales de los macizos rocosos y su comportamiento en aberturas subterráneas, se ha asociado el parámetro de Estructura del macizo rocoso, al grado de fracturamiento medido según el R.Q.D. o la cantidad de fracturas por metro y modificando su terminología de acuerdo a estos conceptos:

Masiva (M) – Menos de 2 fracturas / mt, RQD (90 - 100).

Levemente fracturada (LF) de 2 a 6 fracturas / mt, RQD ( 70 - 90)

Moderadamente fracturada (F) de 6 a 12 fracturas / mt, RQD (50 a 70).

Muy fracturada (MF) de 12 a 20 fracturas / mt, RQD (25 a 50).

Intensamente fracturada (IF) con más de 20 fracturas / mt, RQD (0 a 25).

Triturada y brechada en zonas de falla, sin RQD, incluyéndose además las condiciones de trabazón de los bloques que se mencionan en las tablas originales.

Con respecto al parámetro de condición de las Discontinuidades, se ha asociado este a la resistencia de la roca intacta, determinada en forma muy sencilla y practica con golpes de picota o su indentación o disgregación de la misma, usando la siguiente terminología:

Muy buena (MB) Extremadamente resistente, solo se astilla con golpes de picota.

Buena (B) Muy resistente, se rompe con varios golpes de picota.

Regular (R) Resistente, se rompe con 1 o 2 golpes de picota.

Pobre (P) Pobre, moderadamente resistente, se indenta superficialmente con la picota.

Muy pobre (MP) Blanda a muy blanda, se indenta profundamente con golpes de picota o se disgrega fácilmente, incluyéndose al igual que en el parámetro anterior las condiciones de las discontinuidades mencionadas en la tabla original.

De esta manera con el uso del flexómetro y la picota se obtendrá rápidamente una clasificación del macizo rocoso.

En base a esta clasificación se terminaron 2 cartillas Geomecánicas GSI

Tabla 1: Para labores temporales que se usa en las labores de explotación (Tajos)

Tabla 2: Para labores permanentes se usa en Rampas, Cortadas, Ventanas.

TABLA Nº 1

<p><b>PODEROSA</b> DPTO. DE GEOMECANICA SOSTENIMIENTO SEGUN G.S.I.(modificado) LABORES TEMPORALES seccion : 1.5 - 2.5m</p> <p><b>TAJOS</b></p> <p><b>B</b> Puntales sistemático 1.5m</p> <p><b>C</b> Puntales de madera máx. espac = 1.3m en dirección del minado</p> <p><b>D</b> Cuadros de madera máx. espac = 1.5m en dirección del minado</p> <p><b>GALERIAS (2.5 - 3.0 m)</b></p> <p><b>A</b> Sin soporte o split set ocasional Spies</p> <p><b>B</b> Split-Set de Spies sistematicos espaciados a 1.5mx1.5</p> <p><b>C</b> Perno Helicoidal sistematico espaciados a 1.5mx1.5 mas malla</p> <p><b>D</b> Cuadros de madera espac = 1.5m</p> <p><b>ESTRUCTURA</b></p> <p><b>LEVEMENTE FRACTURADO</b> TRES O MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI (RQD 75-90) (2 A 6 FRACTURAS POR METRO)</p> <p><b>MODERADAMENTE FRACTURADO</b> MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES (RQD 50 - 75) (6 A 12 FRACTURAS POR METRO)</p> <p><b>MUY FRACTURADO</b> MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (RQD 25-50) (12 A 20 FRACTURAS POR METRO)</p> <p><b>INTENSAMENTE FRACTURADO</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES (RQD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACTURAS POR METRO)</p>		<p><b>CONDICIONES</b></p> <p><b>BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA)</b> SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS. (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)</p> <p><b>REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADO)</b> DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADO, MANCHAS DE OXIDACION, LIGERAMENTE ABIERTA. (Rc 50 a 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)</p> <p><b>POBRE (MODER. RESIST. - LEVE A MODER. ALTER.)</b> DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS, (Rc 25 A 50 MPa) (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE CON GOLPES DE PICOTA)</p> <p><b>MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA)</b> SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRIACIONES, MUY ALTERADA RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA (Rc 5 A 25 MPa) - (SE INDENTA MAS DE 5 mm.)</p>			

TABLA Nº 1-A

<p><b>METODOLOGÍA DE APLICACIÓN</b></p> <p>LABORES TEMPORALES seccion : 1.5 - 2.5m</p>				
INDICE G.S.I.	CALIDAD DE ROCA	ABERTURA MAXIMA LINEAL		TIEMPO DE AUTOSOPORTE
		TAJOS	GALERIAS	
LEVEMENTE FRACTURADA/BUENA (LF/B)	MUY BUENA	1 CANAL (1.5m)	30 m	11 dias
LEVEMENTE FRACTURADA/REGULAR (LF/R)	BUENA			
MODERADAMENTE FRACTURADA/BUENA (F/B)	BUENA			
MODERADAMENTE FRACTURADA/REGULAR (F/R)	BUENA	1.5 m	20 m	7 dias
MODERADAMENTE FRACTURADA/POBRE (F/P)	REGULAR			
MUY FRACTURADA/REGULAR (MF/R)	REGULAR	1.2 m	1.5 m	Inmediato
MUY FRACTURADA/POBRE (MF/P)	REGULAR			
MUY FRACTURADA/MUY POBRE (MF/MP)	MALA			
INTENSAMENTE FRACTURADA/POBRE (IF/P)	MALA			
INTENSAMENTE FRACTURADA/MUY POBRE (IF/MP)	MUY MALA			
<p>METODOLOGIA DE APLICACION</p>				
<p>1.- Para la utilizacion de esta tabla de sostenimiento, se basa en la aplicacion del Indice de Resistencia Geologica G.S.I. modificado, definiendose dos parametros: condiciones estructurales y superficiales de la masa rocosa.</p> <p>2.- La forma de aplicacion de esta tabla se determina in situ. Primero se define la condicion estructural midiendo la cantidad de estructuras por metro lineal, previamente lavadas las paredes y techo de la labor. Seguidamente se define la condicion superficial con golpes indentando la picota en las paredes de la excavacion mas representativa como macizo rocoso, ademas observar la presencia de alteraciones en las paredes de las estructuras o el tipo de relleno, forma de las fracturas y espaciamiento de las fallas. Procediendo finalmente a determinar el soporte de a cuerdo a la seccion de la labor.</p> <p>3.- En zonas con factores influyentes en el comportamiento del macizo rocoso como: La presencia de agua (goteo o flujo), los esfuerzos, orientacion de las discontinuidades (desfavorables y muy desfavorables) y las excavaciones (aberturas, voladura no controlada, relajamiento progresivo, cercania de labores, sostenimiento inoportuno y colocacion de soporte inadecuado. El G.S.I. debe sufrir una modificacion y se selecciona el sostenimiento recomendado a la condicion inmediata inferior (menor calidad G.S.I.). Por Ejemplo: si el macizo rocoso presenta un G.S.I. MF/R sin factor influyente, ese pasara a MF/MP con factor influyente.</p> <p>4.- En caso de eventos de relajamientos, el sostenimiento se debe mantener al tope de la labor</p> <p>5.- Los espaciamientos entre cuadros seran considerados como luz interna.</p> <p>6.- Para camaras diamantinas: Usar pernos split set de 7pies con malla como sostenimiento.</p> <p>7.- Para la instalacion de cuadros de madera: Usar madera de diametro 8" en sombreros y postes.</p> <p>8.- Para instalacion de puntales: Usar madera de diametro de 7-8"</p>				

TABLA N° 2

<p><b>PODEROSA</b> DPTO. DE GEOMECANICA  <b>SOSTENIMIENTO SEGUN G.S.I. (modificado)</b>                  LABORES PERMANENTES seccion : 2.5 - 4.0m                  (Rampas, cortadas, ESCM's, ventanas, galerias)</p>		<p><b>CONDICIONES</b></p> <p>BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA)                  SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS                  E. FINALIZADAS, CERRADAS. (Rc 100 A 250 Mpa)                  (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)</p> <p>REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADO)                  DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADO, MANCHAS                  DE OXIDACION, LIGERAMENTE ABIERTA. (Rc 50 a 100 Mpa)                  (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)</p> <p>POBRE (MODER. RESIST., LEVE A MODER. ALTER.)                  DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA,                  LIGERAMENTE ABIERTAS. (Rc 25 A 50 Mpa)                  (SE INDENTA SUPERFICIALMENTE CON GOLPES DE PICOTA)</p> <p>MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA)                  SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRATIACIONES, MUY ALTERADA                  RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA                  (Rc 5 A 25 Mpa) - (SE INDENTA MAS DE 5 mm.)</p>			
<b>A</b>	Sin soporte o perno ocasional de 5pies				
<b>B</b>	Pernos helicoidales sistematicos de 5 pies espaciados a 1.5x1.5m				
<b>C</b>	Pernos helicoidales sistematicos de 5 pies espac.= 1.5x1.5m mas malla o shotcrete c/fibra espesor=2''				
<b>D</b>	Cuadros de madera espaciados 1.5m o cimbra metalicas espaciadas a 1.5m				
<b>E</b>	Cimbra metalicas espaciadas a 1.2m Cuadros de madera espaciados 1.0m				
<p><b>ESTRUCTURA</b></p>					
	<p><b>LEVEMENTE FRACTURADO</b>                  TRES O MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI (RQD 75-90)                  (2 A 6 FRACTURAS POR METRO)</p>	(A) LF/B	(A) LF/R	---	---
	<p><b>MODERADAMENTE FRACTURADO</b>                  MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES (RQD 50-75)                  (6 A 12 FRACTURAS POR METRO)</p>	(A) F/B	(A) F/R	(C) F/P	---
	<p><b>MUY FRACTURADO</b>                  MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (RQD 25-50)                  (12 A 20 FRACTURAS POR METRO)</p>	---	(C) MF/R	(D) MF/P	(D) MF/MP
	<p><b>INTENSAMENTE FRACTURADO</b>                  PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES (RQD 0 - 25)                  (MAS DE 20 FRACTURAS POR METRO)</p>	---	---	(D) IF/P	(E) IF/MP

TABLA N° 2-A

<p><b>METODOLOGÍA DE APLICACIÓN</b></p> <p>LABORES PERMANENTES seccion : 2.5 - 4.0m                  (Rampas, cortadas, ESCM's, ventanas, galerias)</p>			
INDICE G.S.I.	CALIDAD DE ROCA	ABERTURA MAXIMA LINEAL	TIEMPO DE AUTOSOPORTE
LEVEMENTE FRACTURADA/BUENA (LF/B)	MUY BUENA	—————	> 10 Años
LEVEMENTE FRACTURADA/REGULAR (LF/R)	BUENA		
MODERADAMENTE FRACTURADA/BUENA (F/B)	BUENA		
LEVEMENTE FRACTURADA/POBRE (LF/P)	BUENA	25 m	8 días
MODERADAMENTE FRACTURADA/REGULAR (F/R)	BUENA		
MODERADAMENTE FRACTURADA/POBRE (F/P)	REGULAR	15 m	5 días
MUY FRACTURADA/REGULAR (MF/R)	REGULAR		
MUY FRACTURADA/POBRE (MF/P)	REGULAR	1.5 m	Inmediato
MUY FRACTURADA/MUY POBRE (MF/MP)	MALA		
INTENSAMENTE FRACTURADA/POBRE (IF/P)	MALA		
INTENSAMENTE FRACTURADA/MUY POBRE (IF/MP)	MUY MALA	1.0 m	Inmediato
<p><b>METODOLOGIA DE APLICACION</b></p>			
<p>1.- Para la utilizacion de esta tabla de sostenimiento, se basa en la aplicacion del Indice de Resistencia Geologica G.S.I. modificado, definiendose dos parametros: condiciones estructurales y superficiales de la masa rocosa.</p> <p>2.- La forma de aplicacion de esta tabla se determina in situ. Primero se define la condicion estructural midiendo la cantidad de estructuras por metro lineal, previamente lavadas las paredes y techo de la labor. Seguidamente se define la condicion superficial con golpes indentando la picota en las paredes de la excavacion mas representativa como macizo rocoso, ademas observar la presencia de alteraciones en las paredes de las estructuras o el tipo de relleno, forma de las fracturas y espaciamiento de las fallas. Procediendo finalmente a determinar el soporte de acuerdo a la seccion de la labor.</p> <p>3.- En zonas con factores influyentes en el comportamiento del macizo rocoso como: La presencia de agua (goteo o flujo), los esfuerzos, orientacion de las discontinuidades (desfavorables y muy desfavorables) y las excavaciones (aberturas, voladura no controlada, relajamiento progresivo, cercania de labores, sostenimiento inoportuno y colocacion de soporte inadecuado. El G.S.I. debe sufrir una modificacion y se selecciona el sostenimiento recomendado a la condicion inmediata inferior (menor calidad G.S.I.). Por Ejemplo: si el macizo rocoso presenta un G.S.I. MF/R sin factor influyente, ese pasara a MF/P con factor influyente.</p> <p>4.- En caso de eventos de relajamientos, el sostenimiento se debe mantener al tope de la labor</p> <p>5.- Los espaciamientos entre cuadros seran considerados como luz interna.</p> <p>6.- Para camaras diamantinas:                  Usar pernos split set de 7pies con malla como sostenimiento.</p> <p>7.- Para la instalacion de cuadros de madera:                  Usar madera de diametro 8" en sombreros y postes.</p> <p>8.- Para instalacion de puntales:                  Usar madera de diametro de 7-8"</p>			



## **4.2 ESTALLIDOS DE ROCA.**

### **4.2.1 Conceptos Básicos de Estallido de Roca**

Apuntes tomados de Fundamentos de Geodinámica Aplicada a la Minería, Loren Loring. La excavación en rocas en profundidad y la redistribución de esfuerzos resultante puede causar la propagación de grietas y movimiento a lo largo de planos de fractura pre-existente. Este proceso normalmente se ve acompañado por la generación de ondas sísmicas y generalmente es denominado como sismicidad inducida por la explotación. Joughin y Pager (1984, Min. Meta Trans. Inst. 93, 53-66) describen dos tipos de eventos sísmicos en mina: aquellos causados por el inesperado fallamiento frágil de roca debido a las concentraciones de tensiones alrededor de una labor explotada y aquellos causados por movimientos en fallas mayores y otras discontinuidades debido a la interacción de los esfuerzos tectónicos y los esfuerzos provocados por la explotación lejos de las áreas explotadas. Los estallidos de roca más perjudiciales generalmente están asociados con el segundo tipo de evento sísmico.

El estallido de rocas (Rockburst), se produce cuando un macizo rocoso con características rígidas es sometido a altos niveles de confinamiento, este al no poder deformarse comienza paulatinamente a almacenar energía de deformación. Este continuo almacenamiento de energía llega a un punto crítico donde se produce una liberación violenta de energía materializándose como un colapso repentino del macizo rocoso.

### **4.2.2 Origen de los Estallidos de Roca.**

- Existencia de elevadas tensiones en la roca, producidas por causas tectónicas o geológicas de escala mayor y/o local.
- Existencia de diferentes propiedades elásticas en las rocas, debido a la litología, estructuras geológicas y variaciones de calidades de roca.

Elementos necesarios para el control de estallidos de roca

- Tipos litológicos presentes, con sus parámetros intrínsecos
- Características estructurales y la calidad geomecánica de cada unidad geológica.
- Campo de esfuerzos in-situ
- Mediciones de convergencia
- Actividad minera

## CAPÍTULO V

### ANALISIS DE LOS ESFUERZOS TECTONICOS DE LA VETA GLORITA 2

#### 5.1 Intensidades de Eventos

Se ha determinado la intensidad de los eventos, los cuales son clasificados de esta manera:

<b>INTENSIDAD</b>	<b>EFEECTO</b>
<b>LEVE</b>	Sonidos leves
<b>REGULAR</b>	Sonidos Fuertes y frecuentes
<b>FUERTE</b>	Existe Proyeccion de Roca de menor efecto
<b>MUY FUERTE</b>	Existe proyeccion de roca y causa destruccion de sostenimiento

Tabla 4, Clasificación de eventos de relajamiento

En la zona de Glorita 2 se están originando eventos de relajamiento en las diferentes labores desde Leves hasta Muy fuertes

Según el análisis de los eventos se pueden determinar que se están dando por dos causas:

- I. Ocasionada por aberturas producto de la explotación, presentándose con mayor porcentaje en la parte NW de Glorita 2 zona de explotación (Tajos).
- II. Ocasionado por esfuerzos confinados (In-situ) generados en su formación geológica del macizo rocoso, dichos eventos se presentan en labores principales como en la GL SE del NV 1847.

En este análisis se dará a entender cómo interactúan y afectan los esfuerzos al macizo rocoso, se dará a conocer alternativas y recomendaciones.

## **5.2 ANALISIS DE EVENTOS DE RELAJAMIENTO.**

Realizando el análisis de los eventos de relajamiento se puede determinar lo siguiente: Se están dando 7 eventos Muy Fuertes y Fuertes por mes en toda la zona de explotación de Glorita 2, manifestándose con mayor porcentaje en el NV 1827.

Los mayores reportes de eventos de relajamiento se están presentándose en las zonas de explotación en la parte NW de la Veta Glorita 2, siendo los mayores en el NV 1847 en la galería (labores en veta). Los eventos muy fuertes se han dado en una litología de granodioritas fracturadas.

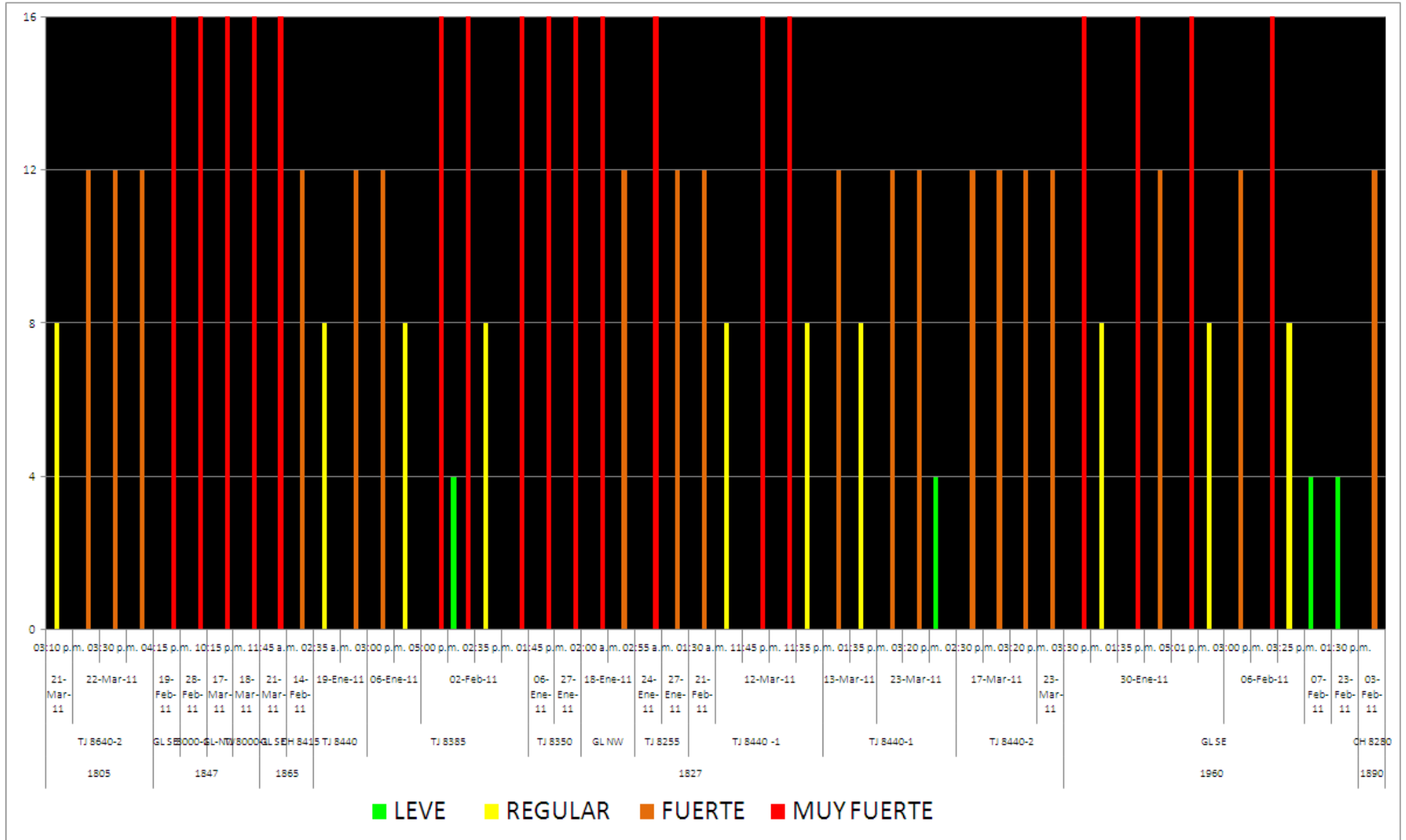


Figura N° 10, Frecuencia de relajamiento de la Veta Glorita 2 del año 2011

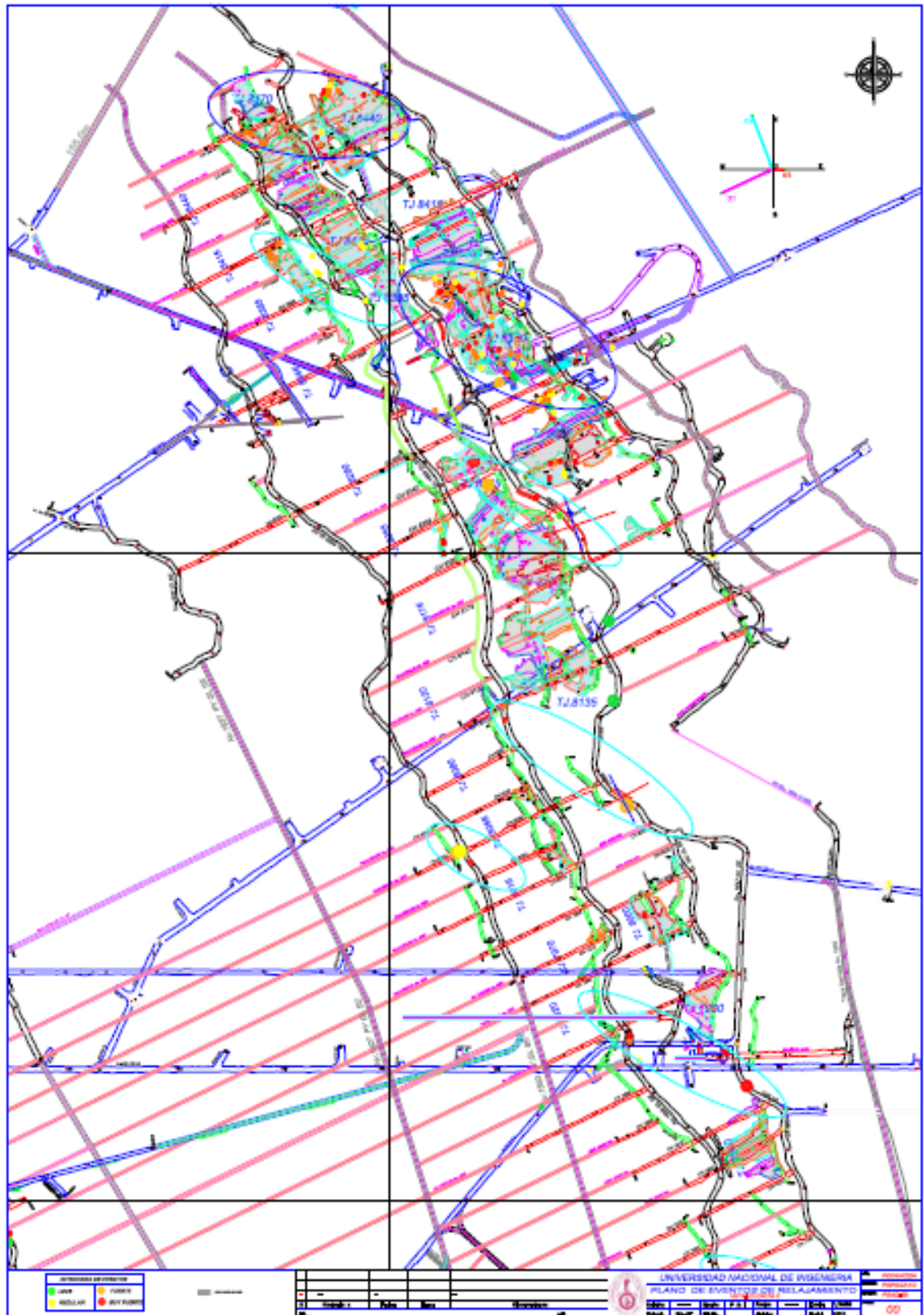


Figura N° 11, Ubicación de los puntos de relajamiento de la veta Glorita 2(ver Plano N°2 en el anexo).

### 5.3 ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE GLORITA 2.

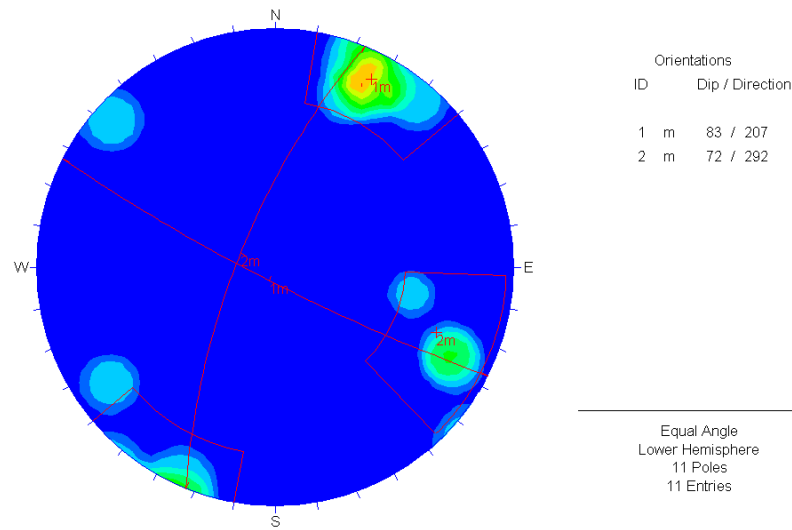
En la zona de Glorita 2 se tienen claramente definidos dos sistemas de fallas que afectan a la zona, la primera con orientación NW-SE teniendo DIP/DIP DIRECCION de 83/207 que cortan y desplazan a la veta Glorita 2 y la segunda con orientación NNE-SSW y DIP/DIP DIRECCION de 72/292 y fallas locales con orientación N-S donde van formando cuñas con las fallas principales, dicho falla miento local presenta rellenos de arcillas que en contacto con el agua son lavadas generando desprendimientos de cuñas en la labor cargando mas al sostenimiento.

#### Calculo de la Orientación de esfuerzos ( $\sigma_1$ , $\sigma_2$ y $\sigma_3$ ):

Para el análisis se toma en cuenta los datos estructurales de las fallas (buzamiento y dirección de buzamiento).

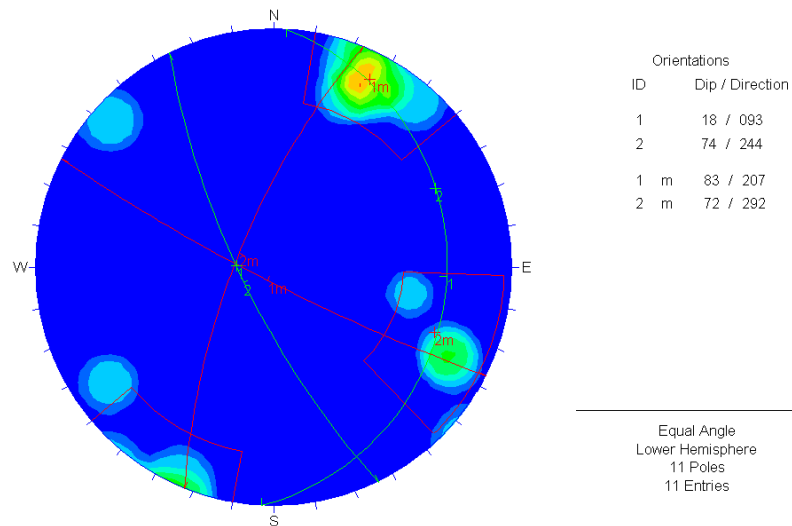
BUZAMIENTO	DIRECCION DE BUZAMIENTO
75	202
85	220
60	281
77	296
85	201
80	298
88	24
79	208
83	209
80	55
85	132

Mediante el uso del software Dips se determinan las 2 familias principales de fallas



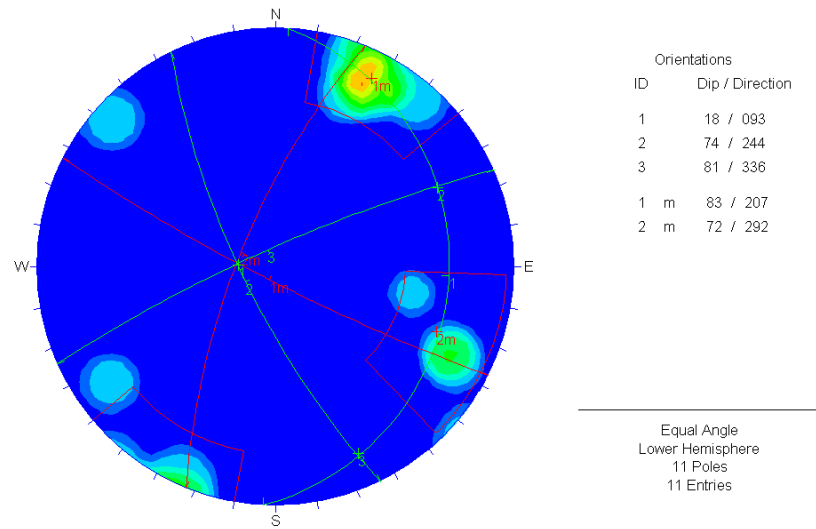
Según el criterio teórico de fracturación de Coulomb y Griffith, producidas por esfuerzos de cizalla, denominadas fracturas de cizalla, cuando se producen dos familias de fracturas conjugadas la intersección de dichos planos mayores es considerado como el esfuerzo intermedio ( $\sigma_2$ ).

La bisectriz del ángulo que forman los planos mayores de las dos fallas conjugadas es el esfuerzo principal mayor ( $\sigma_1$ ).

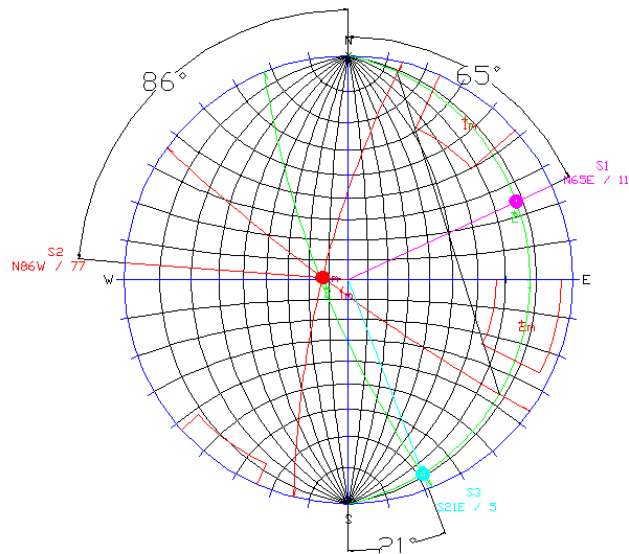


Buscando la perpendicularidad de estos dos polos determinara el esfuerzo menor ( $\sigma_3$ ).





Realizando los cálculos de ángulos determinaremos el rumbo e inclinación de los polos ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$ ).



Realizando el análisis estructural se pudo determinar los parámetros de tensores de esfuerzo para Glorita 2 mediante el método de Diedros Rectos. Como se muestra en la figura N° 12.

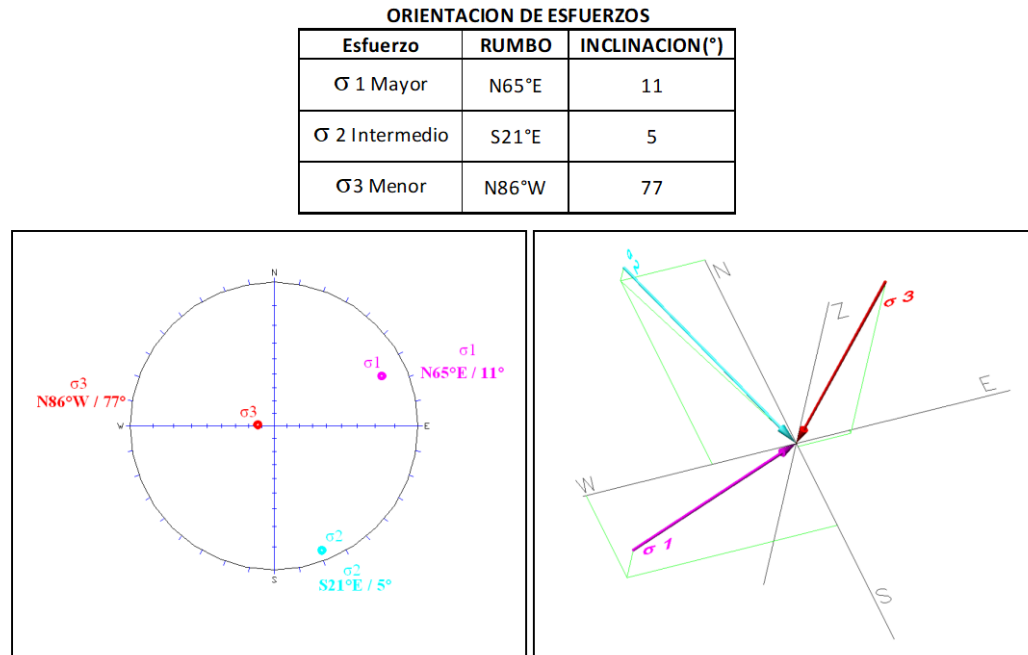


Figura N° 12, Orientación de esfuerzos de Glorita 2

Según estos resultados la zona de Glorita 2 presenta una orientación de esfuerzo mayor ( $\sigma_1$ ) al NE tangencial con un ángulo de 11° y la zona de deformación al NW ( $\sigma_3$ ) como esfuerzos Insitu.

Al realizar análisis locales, estas orientaciones pueden variar ligeramente según las áreas abiertas generadas y estas van formando los esfuerzos inducidos (que son mayores al esfuerzo Insitu). Figura N° 13 se muestra el mapeo estructural

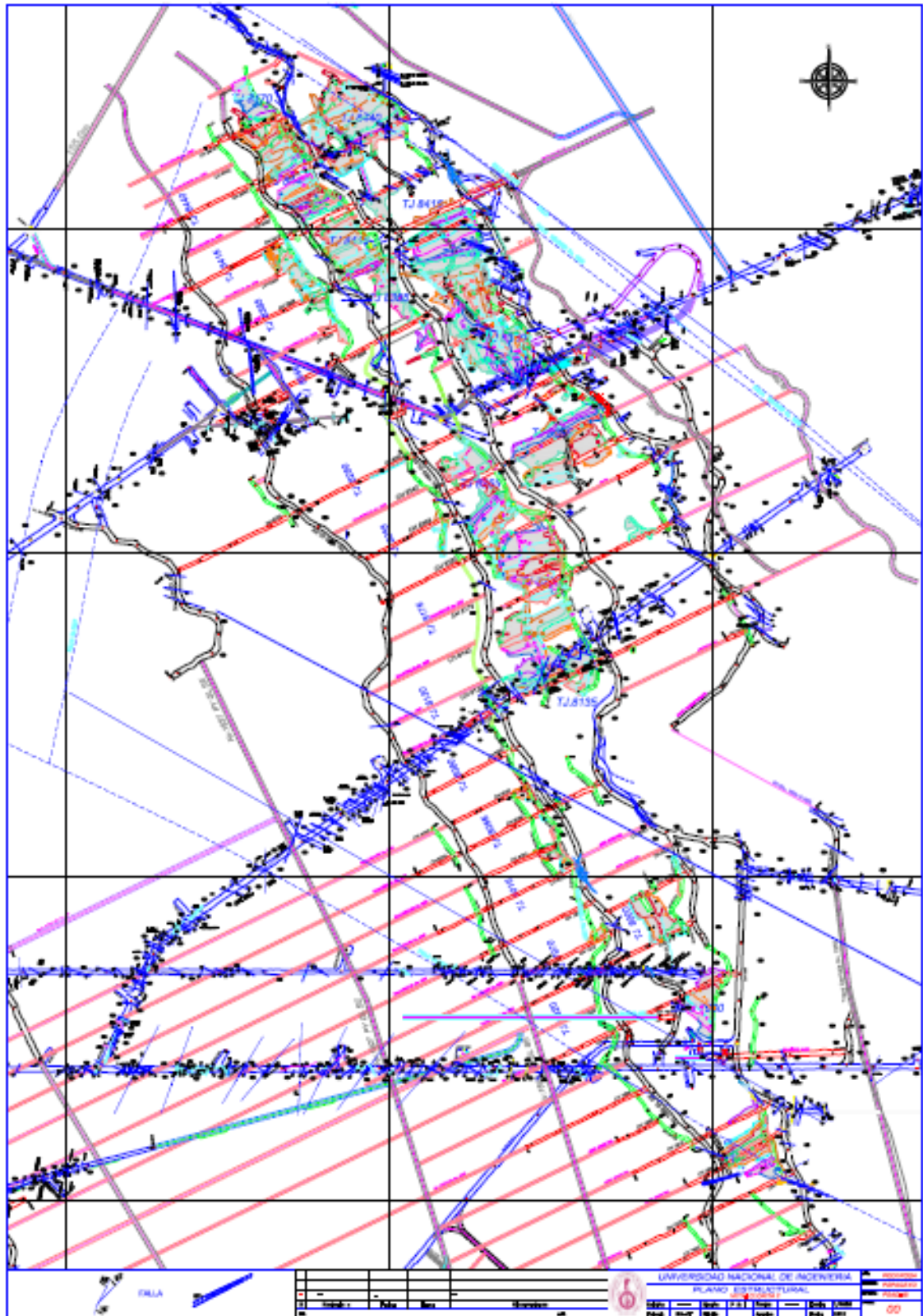


Figura N° 13, Plano de Glorita 2 con las Estructuras principales (ver Plano N° 1 en el anexo).

#### 5.4 ANALISIS DE LA ORIENTACION DE LAS LABORES CON RESPECTO A LA DIRECCION DE ESFUERZOS

Las labores principales de Glorita 2 (Galerías) presentan una orientación promedio S25°E y las chimeneas tiene una orientación S64°W.

De acuerdo al estudio antes mencionado la orientación de los esfuerzos tiene una dirección N65°E, siendo aproximadamente perpendicular a las labores principales (Galerías) y Sub niveles) de los diferente niveles esto ocasiona que el esfuerzo principal ( $\sigma_1$ ) esté actuando y deformando a lo largo de toda la Labor. Se muestra en la Figura N° 14 y Figura N° 15.

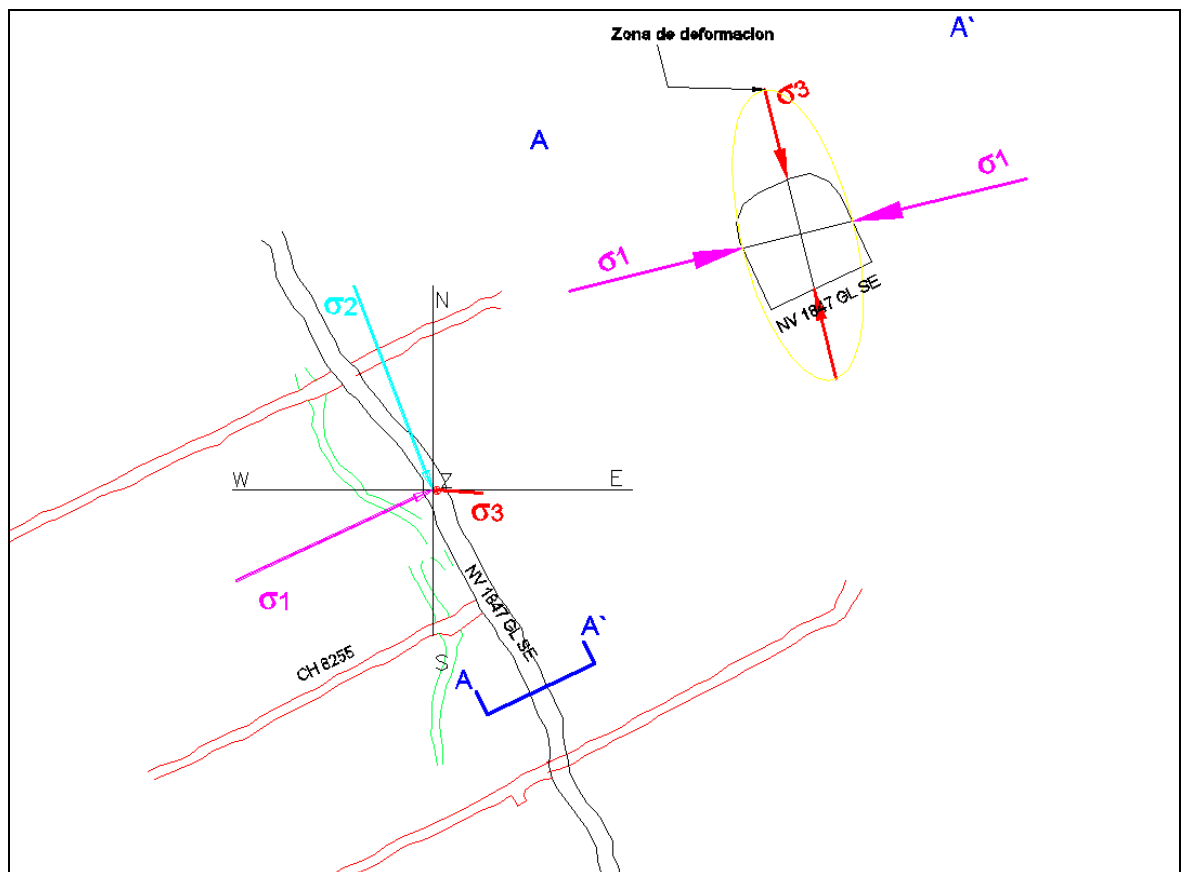


Figura N° 14, Dirección del esfuerzo mayor con respecto a la galería.

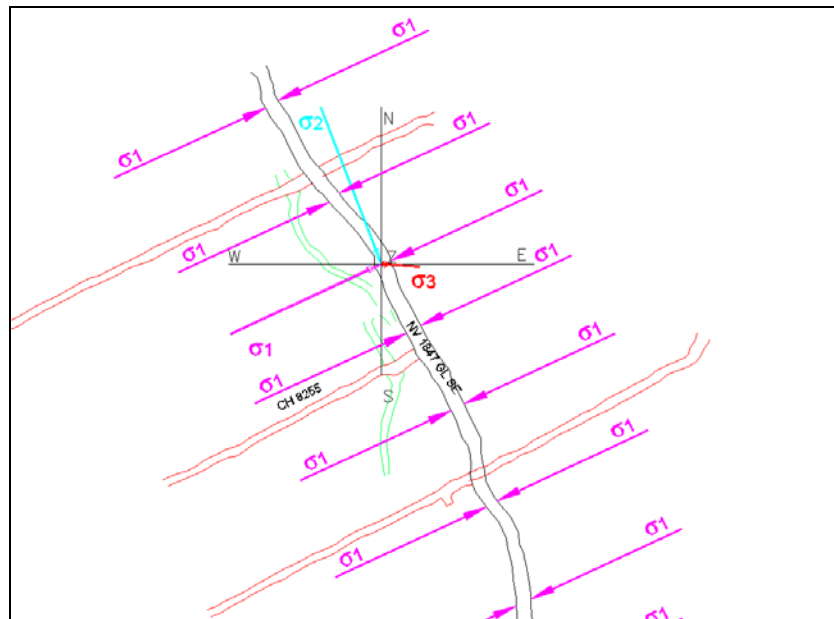


Figura N° 15, El esfuerzo mayor ( $\sigma_1$ ) actúa a lo largo de toda la Galería.

Las Labores como son las Chimeneas están orientadas aproximadamente paralelos al esfuerzo mayor ( $\sigma_1$ ) en tal sentido los esfuerzos que actúan en ellas son menores como el  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  sin ocasionar daños. Se muestra en la Figura N° 16

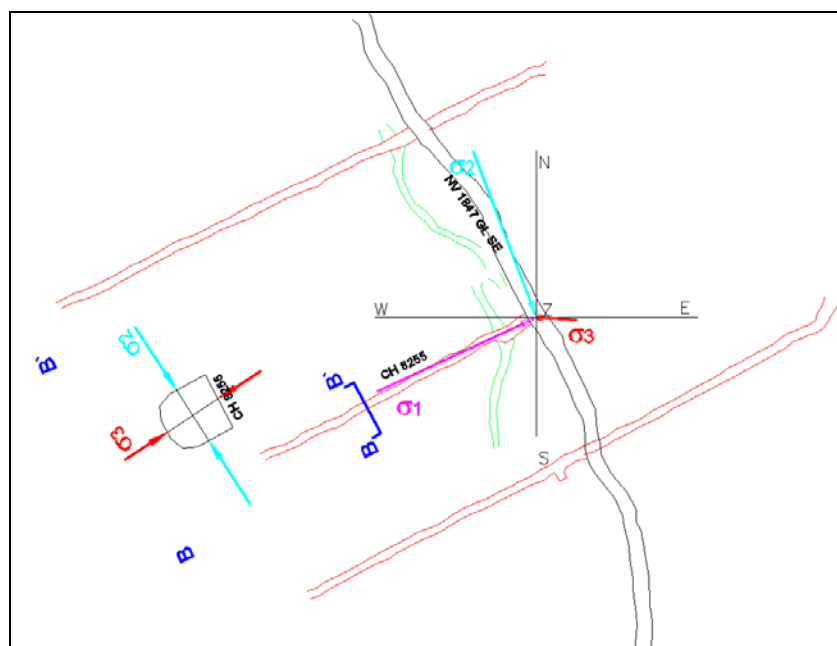


Figura N° 16, Se muestra que en las Chimeneas actúan los esfuerzos menores ( $\sigma_3$  y  $\sigma_2$ ).

En las chimeneas el esfuerzo mayor ( $\sigma_1$ ) solo actuara en el tope de la labor (en el Frente) mostrándose como relajamientos ya que a lo largo de la labor es absorbida por la excavación, solo actuara el esfuerzo menor con menores daños. Se muestra en la Figura N° 17.

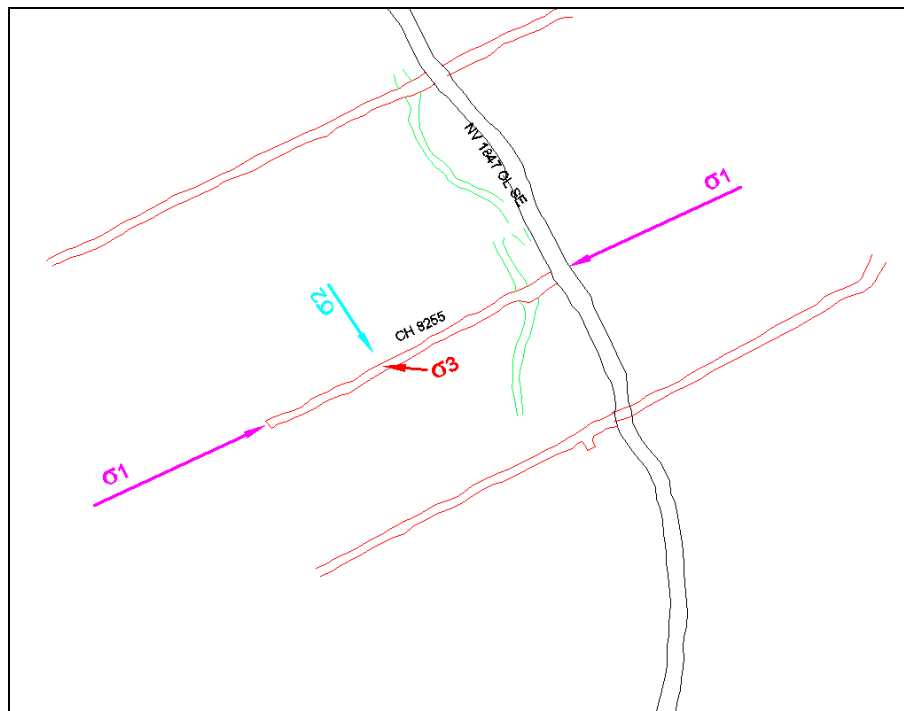


Figura N° 17, Se muestra que el esfuerzo mayor ( $\sigma_1$ ) actúa en el tope de la Chimenea.

Se puede deducir que todas las labores perpendiculares al esfuerzo mayor como son las Galerías y sub niveles son las más propensas a un relajamiento o estallido ya que el esfuerzo mayor actúa directamente en ellas y las labores paralelos al esfuerzo mayor como son las chimeneas son las más estables ya que solo actúan los esfuerzos menores.

## 5.5 ANALISIS DEL EFECTO DE LA PRESION LITOSTATICA A LAS LABORES.

Realizando el corte longitudinal de la veta Glorita 2 la profundidad es bien variable. En la parte NW con respecto al nivel 1847 presenta una

profundidad de 969 m y la parte SE llega hasta 357 m, notándose una diferencia de 612m y en consecuencia una diferencia de presiones. Se muestra en la figura N° 18.

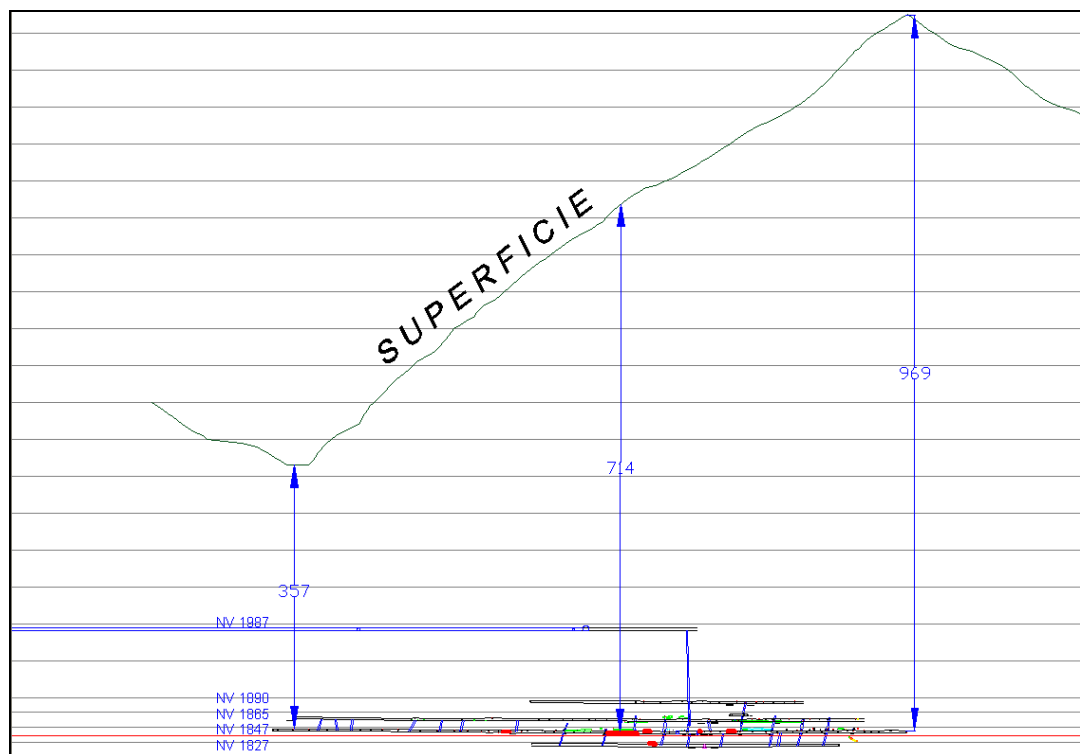


Figura N° 18, Perfil longitudinal de la veta glorita 2 notándose la diferencia de profundidad.

La presión ejercida a las labores principales es tangencial teniendo en la parte NW 25.28Mpa a una profundidad de 969m y en la parte SE de 20.59Mpa en un profundidad de 357 siendo la más baja y esto varía según la profundidad en que se encuentre la labor.

Profundidad (m)	$\sigma_v$ Mpa	$\sigma_h$ Mpa	Observaciones
357	6.07	20.59	Tope GL SE
400	6.80	20.92	
450	7.65	21.31	
500	8.51	21.69	
550	9.36	22.07	
600	10.21	22.45	
650	11.06	22.84	
714	12.15	23.33	Levantamiento GL SE
750	12.76	23.60	
800	13.61	23.98	
850	14.46	24.37	
900	15.31	24.75	
969	16.48	25.28	Tope GL NW

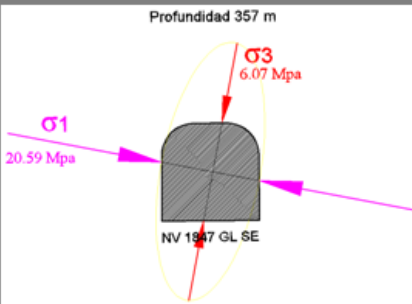
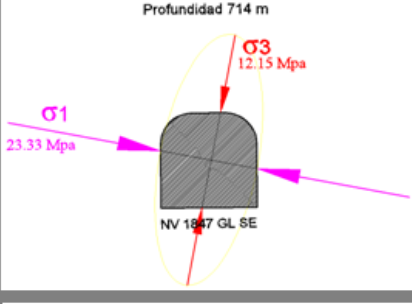
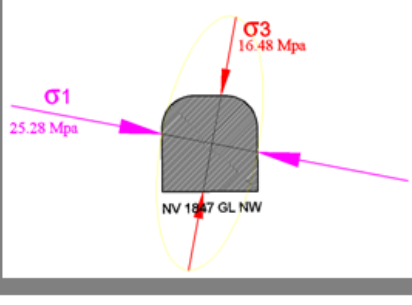




Tabla N° 5, Esfuerzo Vertical ( $\sigma_v$ ) y Esfuerzo Horizontal ( $\sigma_h$ ) según varía la profundidad.

## 5.6 ANALISIS DE EVENTOS Y SEGÚN SU UBICACION.

Los eventos se presentan por dos efectos claramente definidos:

- I. Provocado por esfuerzos inducidos (generado por las aberturas) donde los esfuerzos se encuentran en los pilares generando relajamiento y flexionamiento de corona en tajos.
- II. Provocado por esfuerzos In-situ a causa de su formación geológica. Dichos eventos se encuentra en su mayoría en una roca encajonante según GSI MF/P.

En la siguiente figura N° 19 se muestra el Zoneamiento de los eventos y en la Figura N° 20 la ubicación de eventos según la calidad de roca.



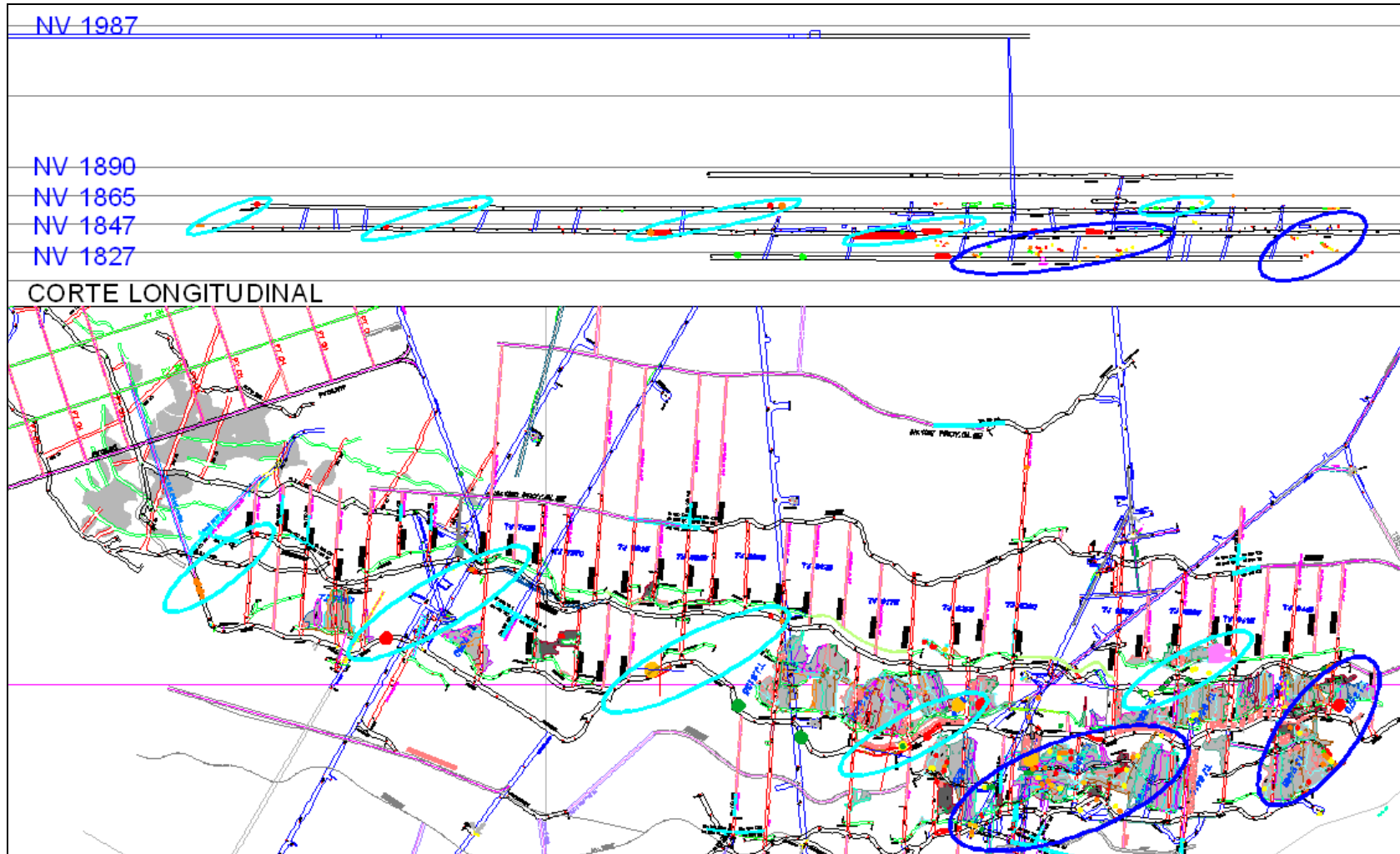


Figura N° 19, Zoneamiento de eventos Vista Planta y Perfil: Eventos por efecto de aberturas (Esfuerzo inducido) representado de color Azul y por efecto de esfuerzos In-Situ representado de color celeste (Ver plano N° 4 en el anexo)

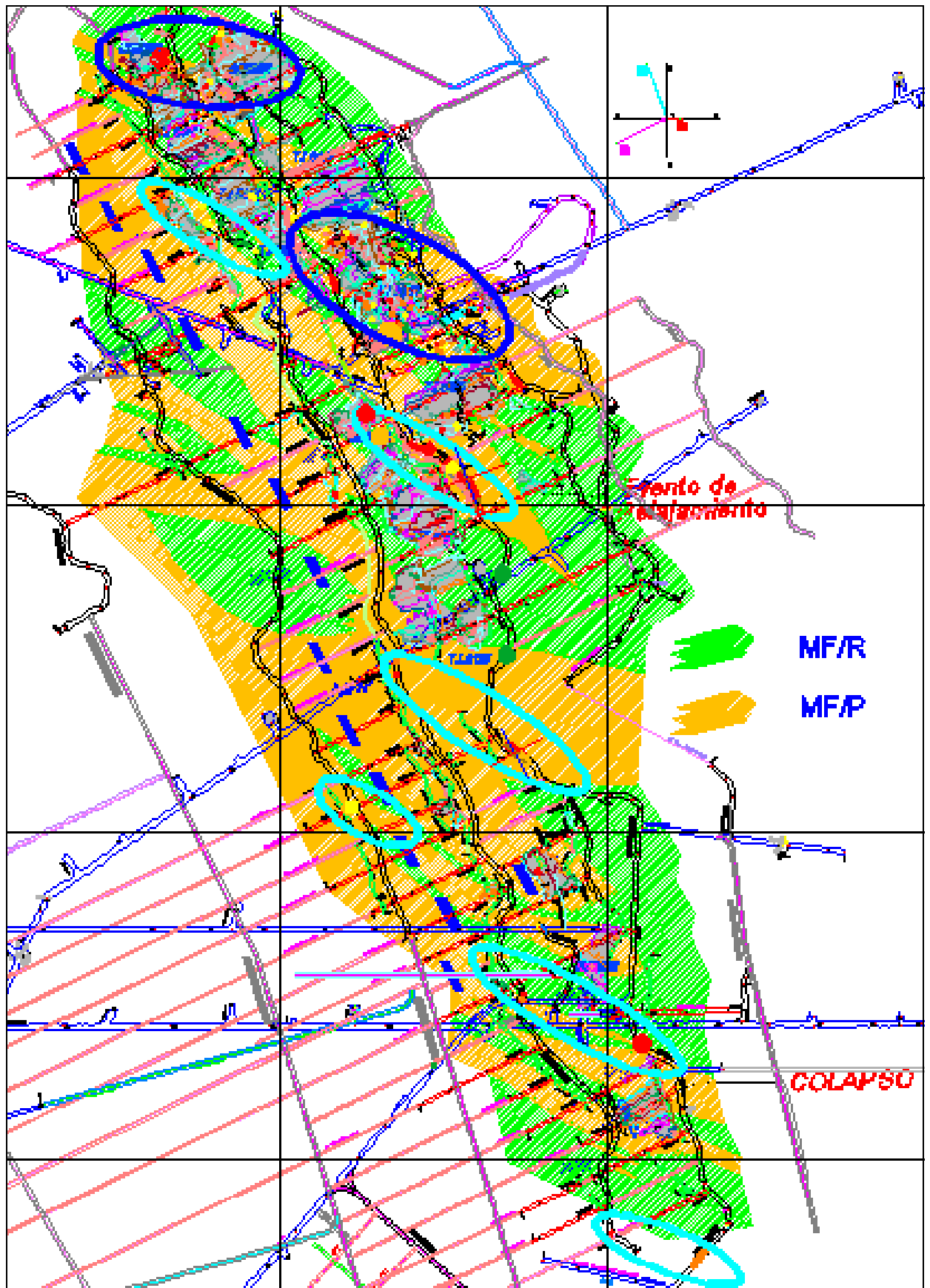


Figura N° 20, Zoneamiento de los eventos según la calidad del macizo rocoso

## 5.7 ANALISIS DEL MACIZO ROCOSO EN ZONAS DE RELAJAMIENTO.

La mayoría de los eventos de relajamiento se presentan en rocas granodioríticas, monzogranitos y aplitas. A continuación detallaremos los parámetros geomecánicos de muestras obtenidos de la caja techo para estos tipos de Litología tanto como roca intacta y macizo rocoso.

### **Granodioritas:**

Este tipo de litología presentan en promedio un RMR de 60-65, GSI de 55-60, y están sometidos a un esfuerzo vertical de 11.7 Mpa y horizontal de 23.45 Mpa en el NV 1847, como roca intacta presenta una resistencia a la compresión de 127 Mpa, y como macizo rocoso 4.20Mpa.

En la foto N° 4 se observa una muestra típica de granodiorita en una zona de relajamientos.



Foto N° 4: Granodiorita Típica en zonas de relajamientos.

**Aplitas:**

Este tipo de litología presentan en promedio un RMR de 55-60, GSI de 50-55, y están sometidos a un esfuerzo vertical de 9.32 Mpa y horizontal de 22.32 Mpa en el NV 1847 a una profundidad de 540m y como roca intacta presenta una resistencia a la compresión de 157 Mpa, y como macizo rocoso 5.23Mpa.

En la foto N° 5 se observa una muestra típica de aplita en una zona de relajamientos.



Foto N° 5: Aplita típica de una zona de relajamientos.



**Monzogranito:**

Este tipo de litología presentan en promedio un RMR de 60, GSI de 55, y están sometidos a un esfuerzo vertical de 9.62 Mpa y horizontal de 22.52 Mpa en el NV 1865 a una profundidad de 550m y como roca intacta presenta una resistencia a la compresión de 150 Mpa, y como macizo rocoso 5.1 Mpa.

En la foto N° 6 se Observa una muestra de monzogranito.



Foto N° 6: Monzogranito

UBICACIÓN DE MUESTRA			PARAMETROS DE MUESTRA							RESISTENCIA	PARAMETROS GEOMECANICOS DE MUESTRA							PARAMETROS DE HOEK-BROWN								
Veta	Nivel	Labor	Carga (KN)	Carga (Kgr)	De	De2	Is	F.C.	Is(50)	$\sigma_c$ (MPa)	Litología	RMR	GSI	Profundidad (m)	Parámetro unitario $\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> )	mi	D	mb	s	a	Resistencia compresion, (Mpa)	Resistencia tracción (Mpa)	Modulo de deformacion (Em)	$\sigma_v$ Mpa	$\sigma_h$ Mpa	Resistencia de Macizo Rocoso (UCS)
Glorita 2	1847	CR E	14.0	1429.65	61.8	3819.8	3.67	1.11	4.08	97.94	Granodiorita alterada	50.00	45.00	766	2.75	29.00	0.80	1.10	0.0002404	0.50	97.94	0.0214	4453	13.27	16.57	13.74
Glorita 2	1847	CR E	15.5	1582.61	58.6	3437.8	4.51	1.08	4.89	117.33	Granodiorita alterada	50.00	45.00	768	2.75	29.00	0.80	1.10	0.0002404	0.50	117.33	0.0257	4499	13.31	16.58	16.46
Glorita 2	1847	GL NW	31.9	3256.99	60.2	3628.8	8.80	1.10	9.66	231.87	Granodiorita alterada	60.00	55.00	766	2.75	29.00	0.80	1.99	0.0010937	0.50	231.87	0.1274	8001	13.27	16.57	44.05
Glorita 2	1865	CH 7910	4.5	456.83	57.1	3262.1	1.37	1.07	1.47	35.23	Aplita	50.00	45.00	553.00	2.75	32.00	0.80	1.21	0.0002404	0.50	35.23	0.0070	2670	9.58	15.09	5.19
Glorita 2	1890	CH 8280	20.9	2132.23	65.9	4341.9	4.82	1.15	5.53	132.69	Metavolcanico	50.00	45.00	755.00	2.75	19.00	0.80	0.72	0.0002404	0.50	132.69	0.0443	4499	13.08	16.49	15.10
Glorita 2	1827	TJ 8385	12.9	1312.38	54.9	3011.3	4.27	1.05	4.48	107.46	Granodiorita alterada	60.00	55.00	820.00	2.75	29.00	0.80	1.99	0.0010937	0.50	107.46	0.0590	8001	14.21	16.94	20.41
Glorita 2	1890	CH 8280	21.5	2194.44	52.0	2704.4	7.96	1.02	8.12	194.77	Aplita	50.00	45.00	752.00	2.75	32.00	0.80	1.21	0.0002404	0.50	194.77	0.0386	4499	13.03	16.47	28.70
Glorita 2	1827	TJ 8440-1	16.51	1683.56	50.7	2566.9	6.43	1.01	6.47	155.39	Granodiorita alterada	60.00	55.00	922.00	2.75	29.00	0.80	1.99	0.0010937	0.50	155.39	0.0854	8001	15.97	17.65	29.52
Glorita 2	1865	CH 7910	22.36	2280.09	62.4	3896.2	5.74	1.12	6.41	153.89	Monzogranito	60.00	55.00	555.00	2.75	32.00	0.80	2.20	0.0010937	0.50	153.89	0.0766	8001	9.62	15.11	30.68
Glorita 2	1865	TJ 8015-2	5.00	509.86	69.4	4813.0	1.04	1.18	1.22	29.37	Veta (cuarzo)	60.00	55.00	585.00	2.85	20.00	0.80	1.37	0.0010937	0.50	29.37	0.0234	4336	10.14	15.32	4.65
Glorita 2	1890	CH 8280	36.49	3720.96	63.3	4010.8	9.10	1.13	10.24	245.74	Aplita	60.00	55.00	752.00	2.75	32.00	0.80	2.20	0.0010937	0.50	245.74	0.1223	8001	13.03	16.47	49.00
Glorita 2	1847	TJ 8000-1	7.38	752.55	69.3	4800.2	1.54	1.18	1.81	43.43	Monzogranito	60.00	55.00	543.00	2.75	32.00	0.80	2.20	0.0010937	0.50	43.43	0.0216	5273	9.41	15.02	8.66
Glorita 2	1865	CH 7910	14.76	1505.11	57.5	3310.5	4.46	1.07	4.78	114.79	Aplita	50.00	45.00	460.00	2.75	32.00	0.80	1.21	0.0002404	0.50	114.79	0.0228	4499	7.97	14.45	16.91
Glorita 2	1865	TJ 8015-2	10.58	1078.86	57.5	3310.5	3.20	1.07	3.43	82.28	Monzogranito Alterada	50.00	45.00	583.00	2.75	32.00	0.80	1.21	0.0002404	0.50	82.28	0.0163	4081	10.10	15.30	12.12
Glorita 2	1865	SN 8255 SE	23.04	2349.43	52.3	2737.5	8.42	1.02	8.61	206.63	Metavolcanico	60.00	55.00	722.00	2.75	19.00	0.80	1.30	0.0010937	0.50	206.63	0.1732	8001	12.51	16.26	31.92
Glorita 2	1847	TJ 8000-1	24.59	2507.49	65.4	4271.8	5.76	1.14	6.58	157.95	Aplita	60.00	55.00	538.00	2.75	32.00	0.80	2.20	0.0010937	0.50	157.95	0.0786	8001	9.32	14.99	31.49
Glorita 2	1865	TJ 8385	16.23	1655.01	78.2	6111.7	2.66	1.25	3.32	79.69	Cuarzo Monzonita	50.00	45.00	820.00	2.75	20.00	0.80	0.76	0.0002404	0.50	79.69	0.0253	4017	14.21	16.94	9.30
Glorita 2	1827	TJ 8440-2	15.57	1587.70	58.1	3374.2	4.61	1.08	4.97	119.37	Cuarzo Monzonita	50.00	45.00	889.00	2.75	20.00	0.80	0.76	0.0002404	0.50	119.37	0.0379	4499	15.40	17.42	13.93
Glorita 2	1827	TJ 8385	4.82	491.51	76.2	5806.1	0.83	1.23	1.02	24.60	Veta (cuarzo)	50.00	45.00	820.00	2.85	20.00	0.80	0.76	0.0002404	0.50	24.60	0.0078	2231	14.21	16.94	2.87
Glorita 2	1865	TJ 8015-2	26.86	2738.97	59.9	3590.6	7.48	1.09	8.19	196.54	Granodiorita	50.00	45.00	583.00	2.75	29.00	0.80	1.10	0.0002404	0.50	196.54	0.0430	4499	10.10	15.30	27.58
Glorita 2	1865	TJ 8385	11.18	1140.05	60.8	3692.5	3.03	1.10	3.34	80.11	Granodiorita	50.00	45.00	820.00	2.75	29.00	0.80	1.10	0.0002404	0.50	80.11	0.0175	4027	14.21	16.94	11.24
Glorita 2	1890	CH 8280	19.11	1948.68	58.6	3437.8	5.56	1.08	6.02	144.47	Metavolcanico	50.00	45.00	755.00	2.75	19.00	0.80	0.72	0.0002404	0.50	144.47	0.0483	4499	13.08	16.49	16.44
Glorita 2	1847	GL NW	16.25	1657.05	56.4	3183.2	5.10	1.06	5.42	130.15	Veta	60.00	55.00	766	2.85	20.00	0.80	1.37	0.0010937	0.50	130.15	0.1037	8001	13.27	16.57	20.61
Glorita 2	1847	GL NW	12.17	1241.00	50.5	2546.5	4.78	1.00	4.80	115.23	Granodiorita	60.00	45.00	768	2.75	29.00	0.80	1.10	0.0002404	0.50	115.23	0.0252	4499	13.31	16.58	16.17
Glorita 2	1865	CH 8055	12.28	1252.22	78.8	6207.2	1.98	1.26	2.48	59.60	Metavolcanico	50.00	45.00	599.00	2.75	19.00	0.80	0.72	0.0002404	0.50	59.60	0.0199	3474	10.38	15.41	6.78
Glorita 2	1827	TJ 8440-1	23.02	2347.40	84.4	7130.3	3.23	1.30	4.20	100.69	Aplita	60.00	55.00	922.00	2.75	32.00	0.80	2.20	0.0010937	0.50	100.69	0.0501	8001	15.97	17.65	20.08
Glorita 2	1827	TJ 8255	15.77	1608.10	61.8	3819.8	4.13	1.11	4.59	110.16	Metavolcanico	50.00	45.00	780.00	2.75	19.00	0.80	0.72	0.0002404	0.50	110.16	0.0368	4499	13.51	16.67	12.54
Glorita 2	1865	GL SE	23.18	2363.71	66.0	4354.6	5.32	1.15	6.12	146.77	Granodiorita alterada	50.00	45.00	364.00	2.75	29.00	0.80	1.10	0.0002404	0.50	146.77	0.0321	4499	6.31	13.78	20.60
Glorita 2	1827	TJ 8255	16.95	1728.43	76.1	5793.4	2.93	1.23	3.61	86.64	Veta (cuarzo)	50.00	45.00	780.00	2.85	20.00	0.80	0.76	0.0002404	0.50	86.64	0.0275	4188	13.51	16.67	10.11
Glorita 2	1865	GL SE	15.15	1544.88	71.0	5042.2	3.00	1.19	3.58	85.94	Granodiorita alterada	60.00	55.00	364.00	2.75	29.00	0.80	1.99	0.0010937	0.50	85.94	0.0472	7417	6.31	13.78	16.33
Glorita 2	1827	TJ 8440-1	19.01	1938.49	70.5	4965.8	3.83	1.19	4.54	109.07	Veta (cuarzo)	50.00	45.00	922.00	2.85	20.00	0.80	0.76	0.0002404	0.50	109.07	0.0346	4499	15.97	17.65	12.73
Glorita 2	1865	GL SE	23.38	2384.11	58.6	3437.8	6.80	1.08	7.36	176.75	Veta (cuarzo)	50.00	45.00	364.00	2.85	20.00	0.80	0.76	0.0002404	0.50	176.75	0.0561	4499	6.31	13.78	20.63
Glorita 2	1827	TJ 8255	13.42	1368.46	69.9	4883.0	2.75	1.18	3.25	77.98	Aplita	50.00	45.00	780.00	2.75	32.00	0.80	1.21	0.0002404	0.50	77.98	0.0155	3973	13.51	16.67	11.49
Glorita 2	1847	CR E	23.18	2363.71	72.1	5194.9	4.46	1.20	5.36	128.57	Granodiorita	60.00	55.00	538.00	2.75	29.00	0.80	1.99	0.0010937	0.50	128.57	0.0706	8001	9.32	14.99	24.43
Glorita 2	1847	CR E	23.25	2370.85	65.6	4297.3	5.41	1.15	6.20	148.68	Granodiorita	60.00	55.00	538.00	2.75	29.00	0.80	1.99	0.0010937	0.50	148.68	0.0817	8001	9.32	14.99	28.25
Glorita 2	1890	GL SE	18.21	1856.91	57.6	3315.6	5.49	1.07	5.89	141.45	Veta	50.00	45.00	616.00	2.85	20.00	0.80	0.76	0.0002404	0.50	141.45	0.0449	4499	10.67	15.53	16.51
Glorita 2	1847	TJ 8470	29.57	3015.31	57.5	3310.5	8.93	1.07	9.58	229.96	Monzogranito	50.00	45.00	919.00	2.75	32.00	0.80	1.21	0.0002404	0.50	229.96	0.0456	4499	15.92	17.63	33.89
Glorita 2	1865	CH 8055	7.42	756.63	54.5	2975.6	2.49	1.04	2.60	62.51	Aplita	50.00	45.00	597.00	2.75	32.00	0.80	1.21	0.0002404	0.50	62.51	0.0124	3557	10.34	15.40	9.21
Glorita 2	1890	GL SE	7.67	782.13	61.3	3756.1	2.04	1.11	2.26	54.26	Granodiorita alterada	50.00	45.00	616.00	2.75	29.00	0.80	1.10	0.0002404	0.50	54.26	0.0119	3314	10.67	15.53	7.61
Glorita 2	1865	CH 8055	9.35	953.44	57.0	3244.3	2.88	1.07	3.08	73.82	Monzogranito	50.00	45.00	598.00	2.75	32.00	0.80	1.21	0.0002404	0.50	73.82	0.0146	3866	10.36	15.41	10.88
Glorita 2	1847	TJ 8470	22.33	2277.03	45.0	2024.5	11.03	0.95	10.46	251.12	Aplita	50.00	45.00	919.00	2.75	32.00	0.80	1.21	0.0002404	0.50	251.12	0.0498	4499	15.92	17.63	37.00
Glorita 2	1847	TJ 8470	22.01	2244.40	55.1	3036.7504	7.25	1.05	7.61	182.62	Veta	50.00	45.00	919.00	2.85	20.00	0.80	0.76	0.0002404	0.50	182.62	0.0580	4499	15.92	17.63	21.32
Glorita 2	1827	IN 8400	9.1	922.8466	52.8	2792.2825	3.24	1.028	3.33	79.97	Granodiorita	60	55	894	2.75	29.00	0.80	1.99	0.0010937	0.50	79.97	0.0439	7155	15.49	17.46	15.19
Glorita 2	1847	IN 8400	11.1	1131.8892	53.9	2903.057	3.82	1.038	3.97	95.26	Veta	60	55	893	2.85	20.00	0.80	1.37	0.0010937	0.50	95.26	0.0759	7			

## **CAPÍTULO VI**

### **PLAN DE DISEÑO Y ESTABILIDAD DE LABORES**

#### **6.1 DISEÑO DE MINADO**

En el caso de Poderosa, se utilizó el análisis del método cuantitativo

##### **6.1.1. Características Físicas y Geológicas del Yacimiento**

El yacimiento de Poderosa es un Sistema de Vetas de Qz auríferas meso termales que probablemente pertenezca a los depósitos de tipo Orogénico, está ubicado en el margen occidental del Batolito de Patataz (datación de la intrusión: 329 Ma,  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ) y menos comúnmente dentro de rocas meta sedimentarias pertenecientes a una secuencia desde el Proterozoico Superior al Ordovícico.

##### **6.1.2. Geometría del yacimiento**

- Descripción de la geometría del yacimiento

En la veta Glorita 2 tiene un rumbo N 24° W, presentando un buzamiento de 23° NE aproximadamente.

La geometría de dicho yacimiento se presenta de forma tabular, en la que predominan 2 direcciones.

- Descripción de la potencia del yacimiento

Realizando el análisis de las potencias de veta en las zonas explotadas, varían de 0.3 m a 2.1 m, teniendo mayor porcentaje las que van desde 0.3 a 0.9 (44%), de 0.9 m a 1.20 m (20%), de 1.20 m a 1.50 m (16%), de 1.50 m a 2.1 m (9%) y mayores a 2.1 m (5%). En forma general, se considera un yacimiento de potencias reducidas.

Ahora realizando el análisis de las potencias de veta en base a las reservas, las que serán explotadas a futuro, nos muestran también una reducción de las potencias de veta, en la que varían de 0.3 m a 2.1 m, teniendo mayor porcentaje las que van desde 0.3 a 0.9 (42%), de 0.9 m a 1.20 m (33%), de 1.20 m a 1.50 m (15%), de 1.50 m a 2.1 m (7%) y mayores a 2.1 m (2%). En forma general, se considera un yacimiento de potencias reducidas.

- Descripción de la inclinación del yacimiento

La veta Glorita 2 tiene un buzamiento de 23° NE aproximadamente. Según Nicholas (1981), se define a la veta Glorita 2 como yacimiento de inclinación intermedia.

- Descripción de la profundidad del yacimiento

La veta Glorita 2 se encuentra a una profundidad que varía de 500 m a 550 m

### **6.1.3. Características geotécnicas del yacimiento**

Para el caso de la veta Glorita 2, el esfuerzo vertical de la roca intacta es igual a 13.75 MPA y el esfuerzo horizontal va desde 9.35 MPA a 13.75



MPA La resistencia uniaxial entre el esfuerzo vertical de la roca intacta es de 7.78 MPA para Glorita 2.

En lo referente al número de estructuras estamos entre las 3 a diez fracturas por metro.

## 6.2 ESTABILIDAD DE LABORES.

### 6.2.1 Determinación del Método de Minado.

Se tomó como base la metodología de Nicholas en el que da un rating de valores basadas en datos obtenidos en distintas minas del mundo y también el UCB Mining Method Selector, algoritmo desarrollado por Miller, Pakalnis, Paulin (1995). El primer paso es clasificar la geometría del yacimiento y luego las características geotécnicas del yacimiento, en el que se caracteriza el mineral, pared colgante y pared yacente.

<b>Geometría yacimiento</b>			
Masivo	yacimiento masivo		
Tabular	2 dimensiones mayor a su potencia		
Irregular			
<b>Potencia</b>	min	max	
Angosto		0	10
Intermedio		10	30
Ancho		30	100
Muy ancho		100	10000
<b>Manteo</b>	min	max	
Horizontal		0	20
Intermedio		20	55
Vertical		55	90
<b>Dist. Leyes</b>			
Uniforme			
Gradacional			
Diseminado			
<b>Características Geomecánicas</b>			
<b>Roca Intacta</b>	UCS/s1		
Baja		0	8
Mediana		8	15
Alta		15	10000
<b>Espaciamiento estructuras</b>		ff/m	
muy cercanas		16	10000
poco espac.		10	16
Espaciadas		3	10
muy espaciadas		0	3
<b>Condición estructuras</b>			
baja	sin relleno		
mediana	sin relleno/rugosas		
alta	relleno mineral > competente que roca intacta		

Ref. Nicholas (1981)

Tabla N°7, Datos de ingreso

<b>Factores de peso</b>	
Geometría yacimiento	1
Condiciones geomecánicas mineral	0.75
Condiciones geomecánicas pared colgante	0.6
Condiciones geomecánicas pared yacente	0.38

Ref. Nicholas (1981)

Tabla N°8, Factores de peso

### 6.2.1.1 Resultados

Se observa que el de mayor valor es alcanzado por el Método de Longwall Mining y en segunda opción es el del Square Set. En Poderosa, debido a la producción en mediana escala se toma en primer lugar el Shortwall que es una variante del Lonwall Mining, luego el Square Set y el Cut and Fill Stopping.

Metodo	Yacimiento	Mineral	Colgante	Yacente	Total
Longwall mining	16	9	2.4	3.42	30.82
Square Set	11	9	4.2	3.04	27.24
Cut and Fill Stopping	11	6.75	4.2	3.04	24.99
Room and Pillar	15	0.75	5.4	3.04	24.19
Shrinkage Stopping	8	1.5	2.4	2.66	14.56
Sublevel Stopping	8	-36.75	5.4	2.66	-20.69
Block Caving	-40	9	2.4	3.42	-25.18
Top Slicing	-38	3	2.4	3.04	-29.56
Sublevel Caving	-40	1.5	3	3.04	-32.46

Ref. Nicholas (1981)

Tabla N° 9, Valores obtenidos para los diferentes métodos

### 6.2.2 Secuencia de minado

Para paredes verticales u horizontales cortas.

#### a) Labores de desarrollo y preparación

Niveles superior e inferior, sirviendo esta última como nivel de producción con secciones de 2.5 m x 2.5 m, luego se ejecutan las chimeneas de extracción y seguidamente los subniveles con secciones de 1.5 m x 1.8 m para finalmente ejecutar las labores de servicios con una sección de 1.5 m x 1.5 m.

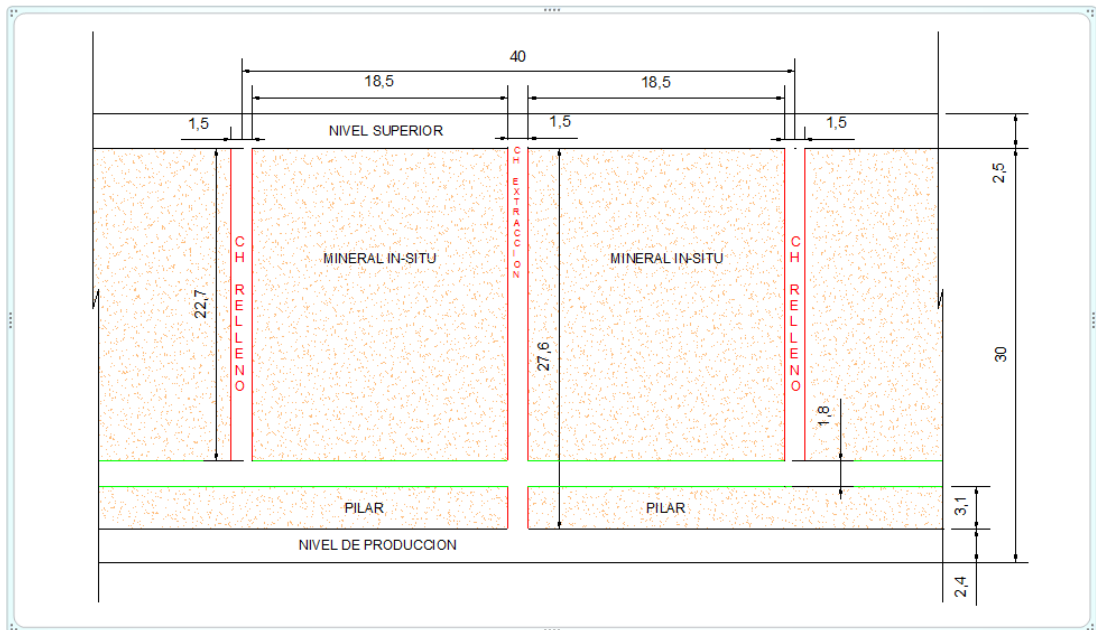


Figura. N° 21, Labores de desarrollo y preparación

b) Operaciones unitarias en el tajío

o Perforación

La perforación se realizará de 4 o 6 pies y con un diámetro de 38 mm. La malla de perforación contará con un burden de 0.5 m y espaciamiento de 0.5 m.

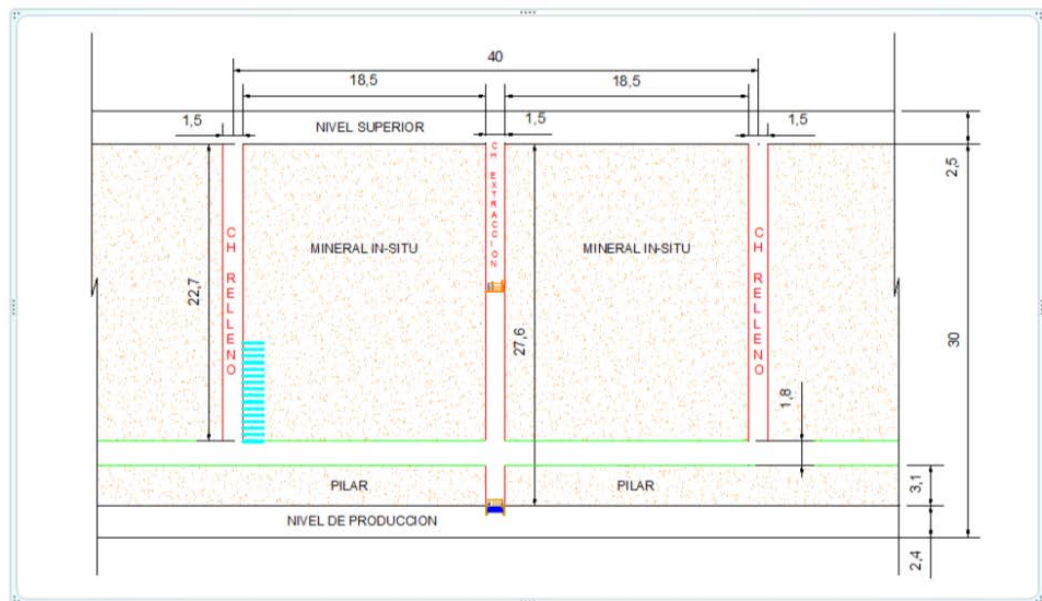


Figura. N° 22, Perforación de la primera pared

- Voladura

El explosivo utilizado es la emulsión Semexa E-65 y como accesorios de voladura se utiliza el Carmex. El factor de carga 0.45 Kg de explosivo por tonelada de mineral.

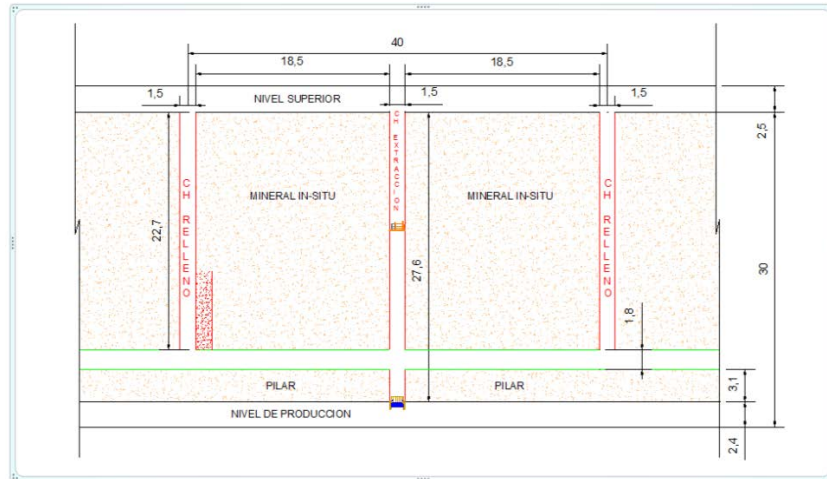


Figura. N° 23, Voladura de la primera pared

- Limpieza

La limpieza se realizará principalmente con winches neumáticos de 15 HP cuyos rendimientos llegan a 10 TM/h, aunque también puede realizarse a pulso; de la misma manera que el subnivel puede realizarse en uno o dos tiempos dependiendo del buzamiento de la veta.

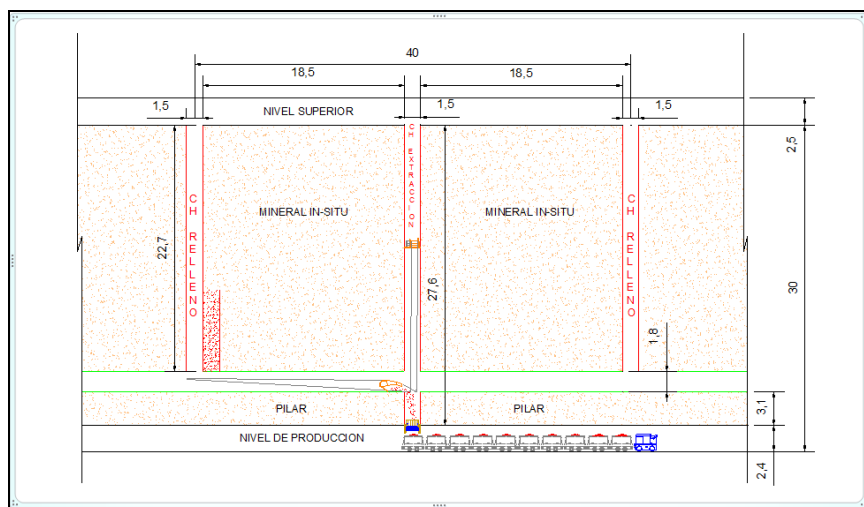


Figura N° 24, Limpieza de la primera voladura

- Sostenimiento

El sostenimiento se realizará principalmente con puntales con jack pot o cuadros, colocados en forma sistemática con una luz de 1.5 m como máximo. El consumo de madera bordea aproximadamente los 25 kg de madera por tonelada de mineral.

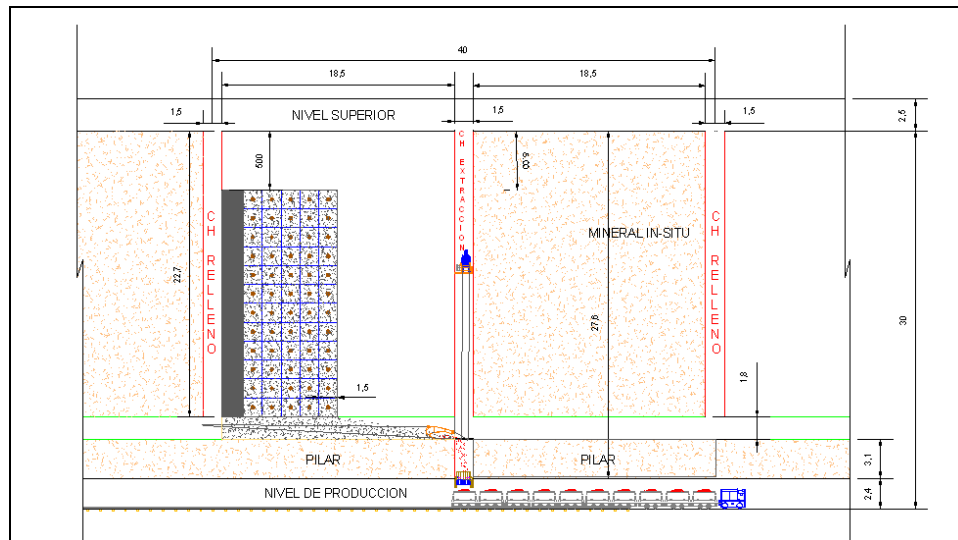


Figura N° 25, Sostenimiento del primer corte

- Corte de un primer tramo

Espació suficiente a ser sostenido durante un mes por el sostenimiento con puntales o cuadros.

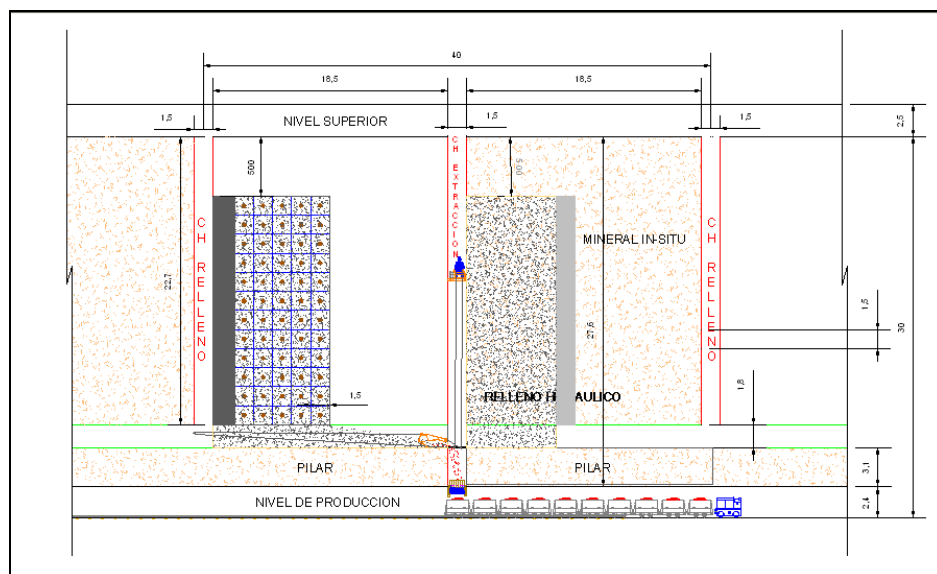


Figura N° 26, Corte del primer tramo



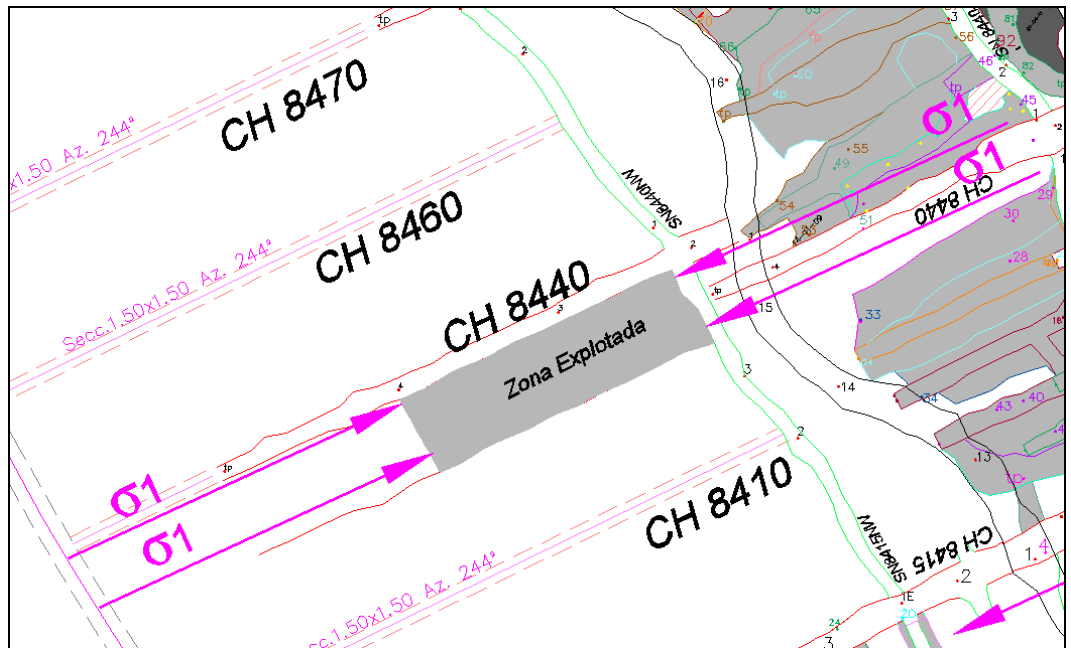


Figura N° 28, Se muestra menor área expuesta al esfuerzo mayor ( $\sigma$ ) siendo más estable y con menor efecto de relajamiento.

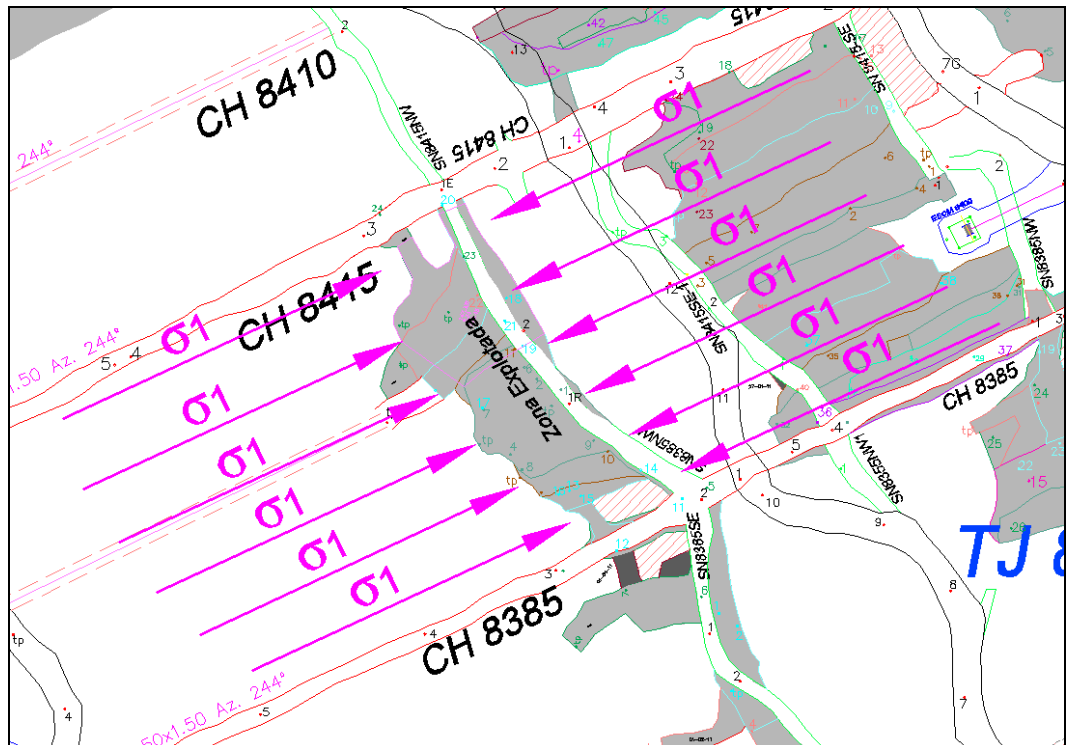


Figura N° 29, Se muestra mayor área expuesta al esfuerzo mayor ( $\sigma$ ) siendo expuesta a mayores deformaciones y efectos de relajamiento.



## **CAPÍTULO VII**

### **REDUCCION DEL CONSUMO DE MADERA**

#### **7.1.- Análisis del Consumo de Madera**

En figura N° 16 muestra el consumo de madera en el año 2010. Notándose en la zona Norte un 25% de consumo en labores de avance y un 75% en labores de explotación, y en la Zona Sur 65% en labores de avance y 35% en labores de explotación.

#### **7.2.- Reducción del consumo de madera en Tajos**

En la zona de estudio (Veta Glorita2) presenta según la zonificación de acuerdo al GSI 2 calidades de roca:

Muy Fracturado regular (MF/ R): representando el 49 % del área, el tipo de sostenimiento instalado es puntal de madera mas cribbing y finalmente con relleno hidráulico.

Muy Fracturado pobre (MF/ P): representado el 51% del área, el tipo de sostenimiento instalado es cuadros cojos mas cribbing y finalmente con relleno hidráulico.

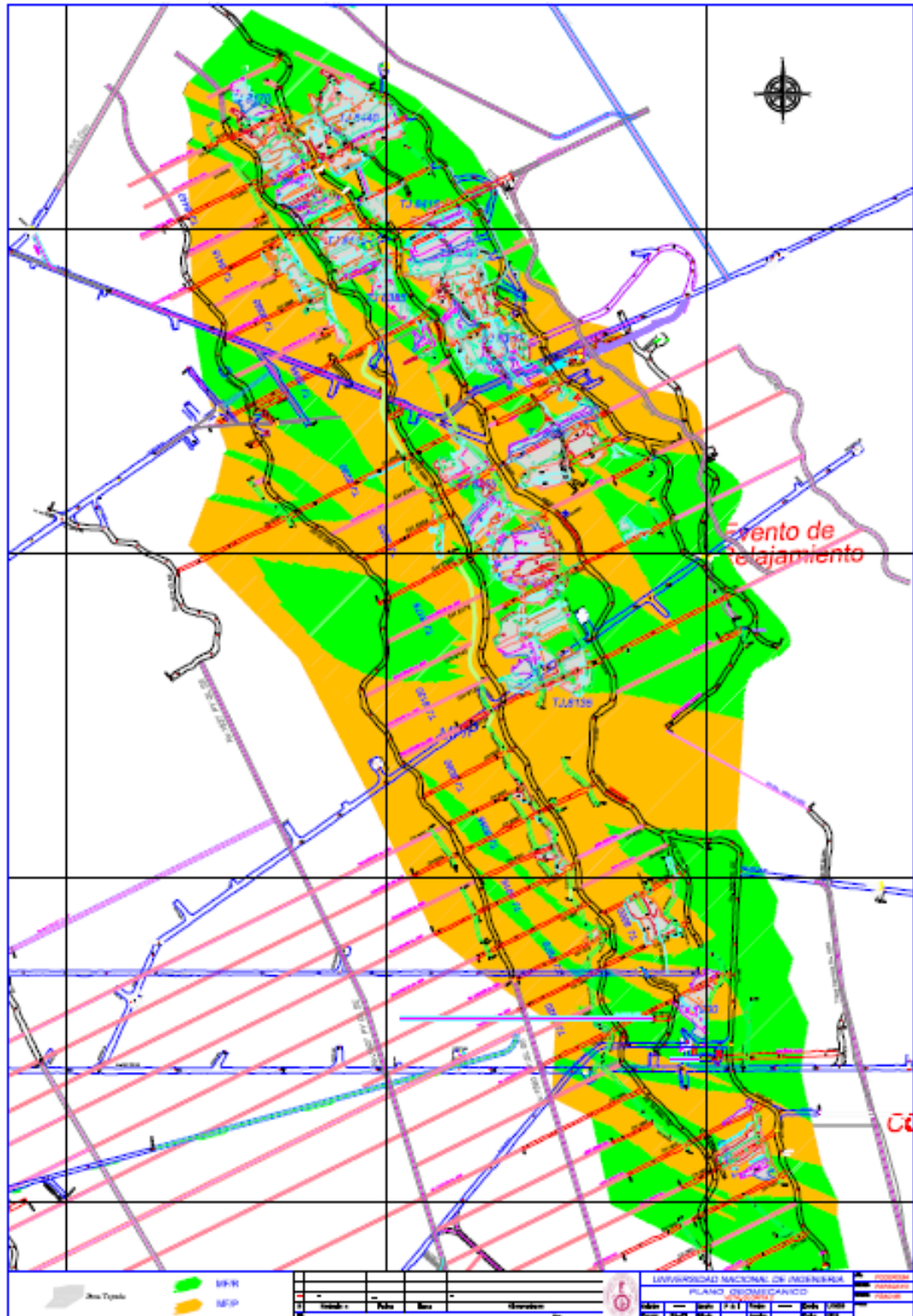


Figura N° 30, Plano de zonificación de la veta Glorita 2: Color Verde Muy fracturado Regular (MF/R), color Naranja Muy Fracturado Pobre (MF/P).  
(Ver Plano N° 3 en el anexo).

El tipo de sostenimiento realizando un minado secuencial con relleno hidráulico controlando el área de minado (áreas abiertas) y evitando generar esfuerzos en su contorno, según su calidad de roca en GSI es: **Muy Fracturado Regular (MF/R)**: La explotación con puntales de madera ciclando con relleno hidráulico.

**Muy Fracturado Pobre (MF/P)** La explotación con cuadros cojos ciclando con relleno hidráulico.

En ambos casos se elimina el uso de cribbing (Wood pack o paquete Sub Africano)

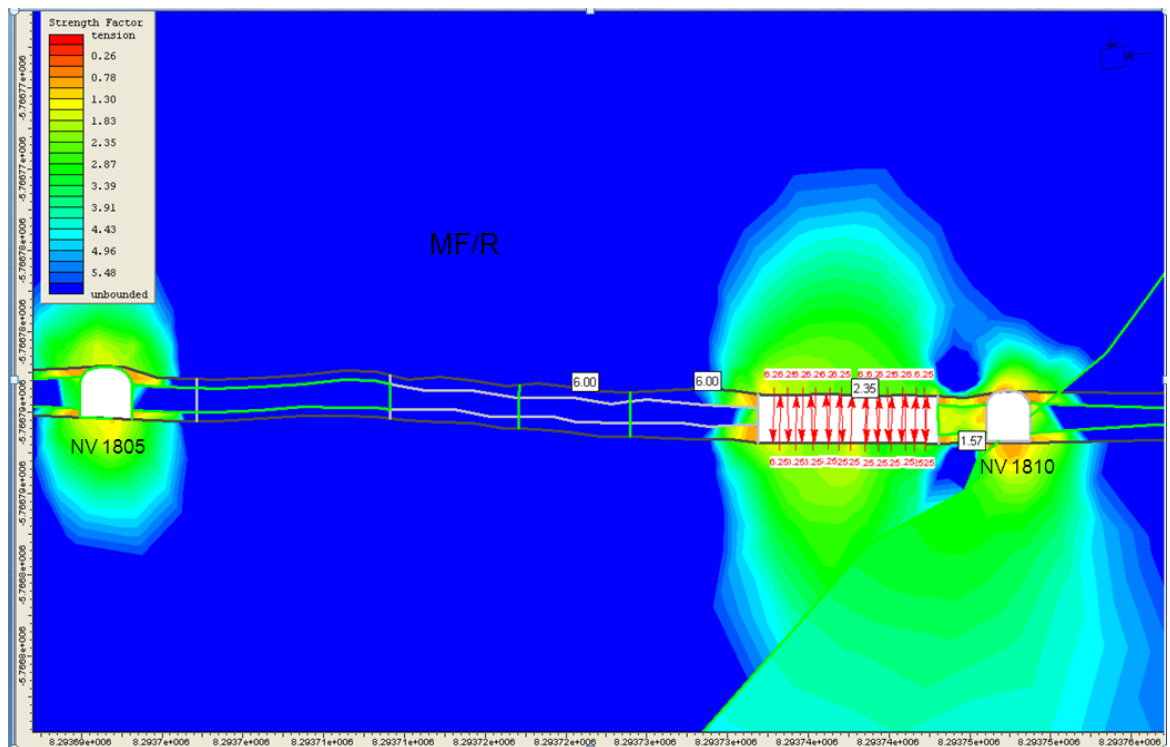


Figura N° 31, Área abierta máxima 6 m con tres canales.

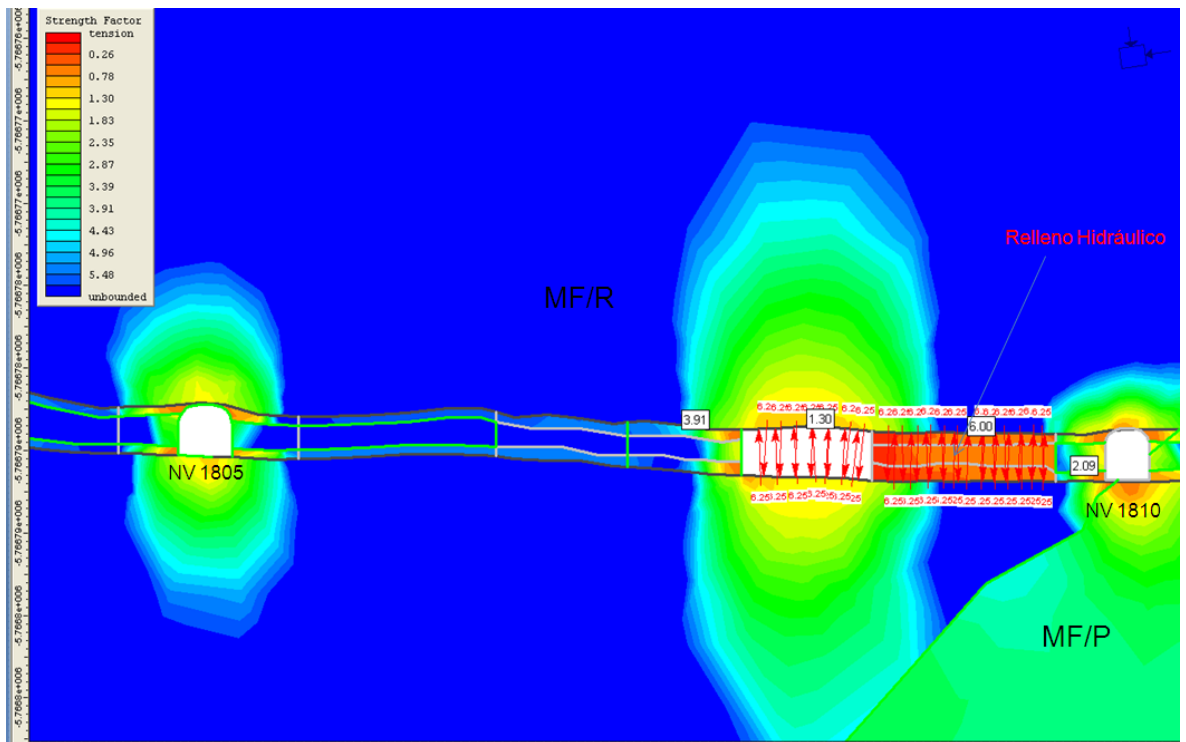


Figura N° 32. El relleno actúa como soporte, el pilar de la galería incrementa su factor de seguridad

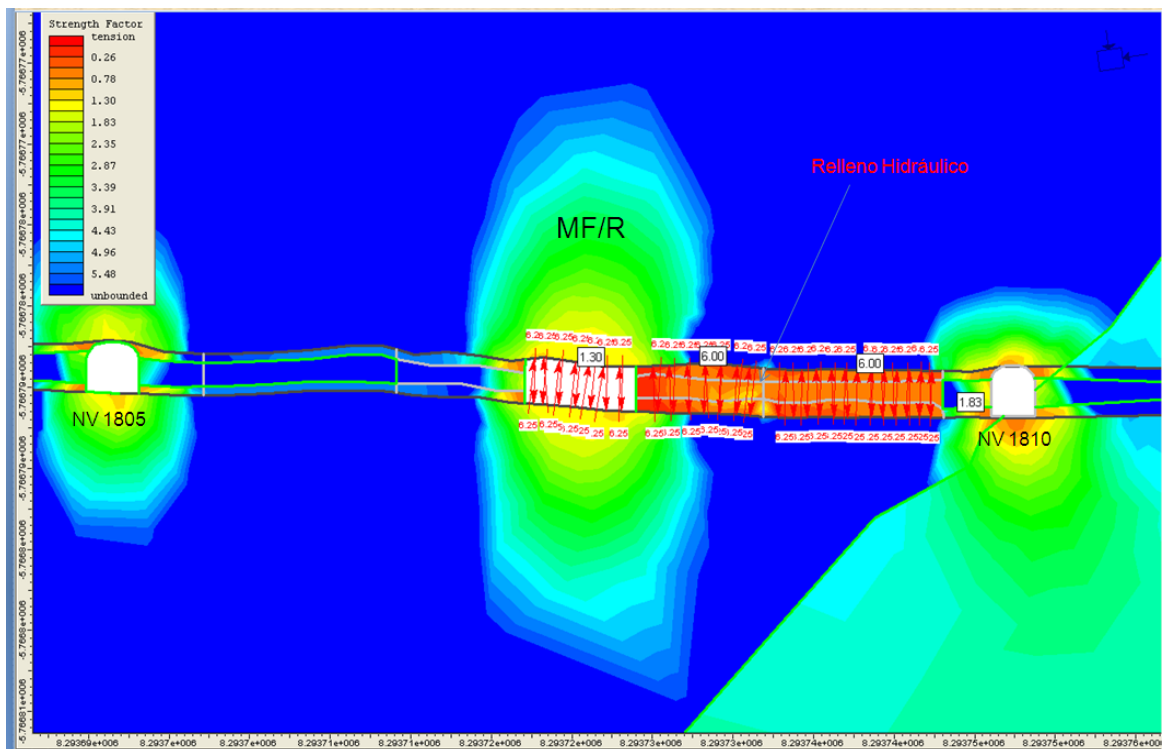


Figura N° 33, Secuencia de minado con relleno hidráulico sin generar áreas abiertas.

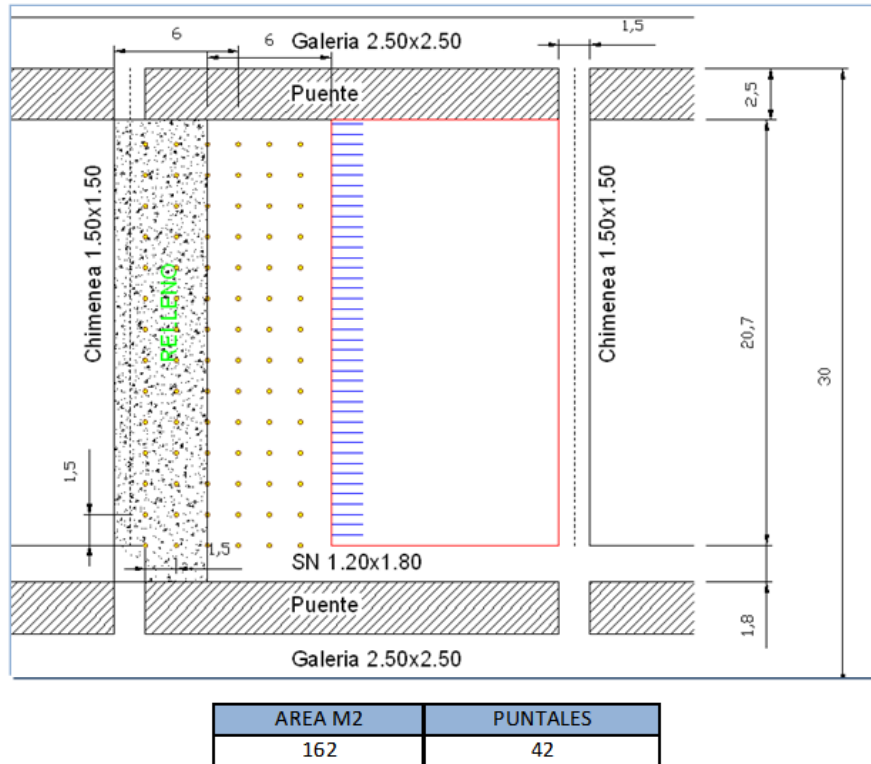
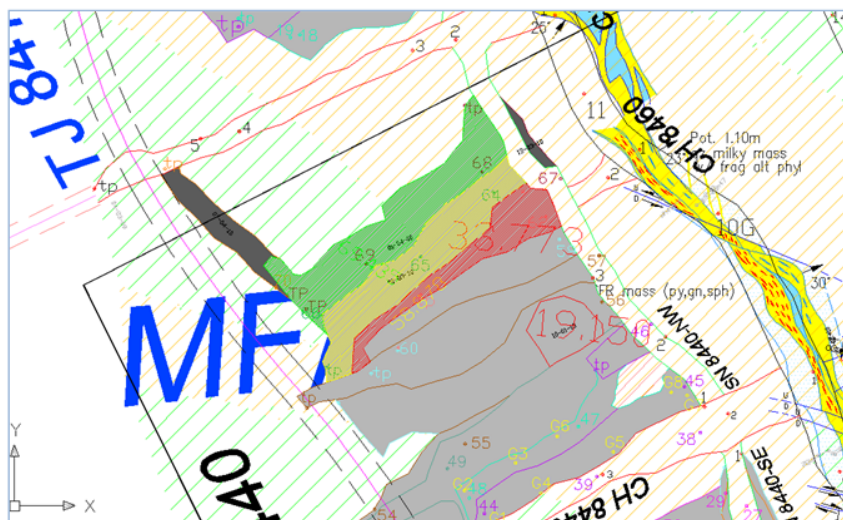


Figura N° 34, Cantidad de puntales usados por corte ciclando con relleno hidráulico.

7.2.1 Análisis consumo Actual de madera de tajeo.

Se realiza un análisis del consumo de madera de un tajo cuya calidad de roca es Muy Fracturado regular (MF/R) sin el ciclado de relleno hidráulico en tres meses, en la cual se obtiene lo siguiente:



**TJ 8440**  
**MF/R**

MES	AREA M2
Enero	33.77
Febrero	58.87
Marzo	69.43
Total	162.07

Figura N° 35. Análisis en 162m2 en 3 meses de minado

LIQUIDACION					TOTAL DE ELEMENTOS INSTALADOS						
Labor	S.Act	enero	febrero	marzo	Total general	Labor	S.Act	enero	febrero	marzo	Total general
TJ 8440	CRIBEN	900	1,088		1,988	TJ 8440	CRIBEN	3	3		6
	CUADRO COJO	2,339	5,657	2,029	10,025		CUADRO COJO	7	14	5	26
	CUADRO COMPLETO	3,019		2,095	5,114		CUADRO COMPLET	7		4	11
	JACKPOT	449	1,993	910	3,352		JACKPOT	6	22	10	38
Total TJ 8440		6,707	8,739	5,034	20,480	Total TJ 8440		23	39	19	81

Figura N° 36, Elementos instalados como: cribbing, Cuadro cojo, Cuadro completo, y Jackpot.

Se realiza el análisis de la misma área de minado pero realizando el ciclado con relleno hidráulico.

LIQUIDACION					TOTAL DE ELEMENTOS INSTALADOS						
Labor	S.Act	enero	febrero	marzo	Total general	Labor	S.Act	enero	febrero	marzo	Total general
TJ 8440	CRIBEN				-	TJ 8440	CRIBEN				-
	CUADRO COJO				-		CUADRO COJO				-
	CUADRO COMPLETO				-		CUADRO COMPLETO				-
	JACKPOT				5,019		JACKPOT				67
Total TJ 8440					5,019	Total TJ 8440					67

Figura N° 37, elementos instalados solo puntales con Jackpot.

Haciendo la comparación se tiene un ahorro en costo de un 75% en madera en calidades de roca Muy Fracturado Regular (MF/R).

De la misma manera se realiza el análisis del consumo de madera en una roca de calidad Muy Fracturado Pobre (MF/P). y se obtiene lo siguiente.

LIQUIDACION					TOTAL DE ELEMENTOS INSTALADOS						
Labor	S.Act	enero	febrero	marzo	Total general	Labor	S.Act	enero	febrero	marzo	Total general
TJ 8645	CRIBEN			2,551	2,551	TJ 8645	CRIBEN			7	7
	CUADRO COJO	8,687	21,012	19,480	49,179		CUADRO COJO	26	52	48	126
	CUADRO COMPLETO	3,019	10,952	10,475	24,446		CUADRO COMPLETO	7	21	20	48
	JACKPOT			1,729	1,729		JACKPOT			19	19
	PUNTAL	1,365	1,540		2,905		PUNTAL	15	17		32
Total TJ 8645		13,070	33,504	34,235	80,809	Total TJ 8645		48	90	94	232

LIQUIDACION					TOTAL DE ELEMENTOS INSTALADOS						
Labor	S.Act	enero	febrero	marzo	Total general	Labor	S.Act	enero	febrero	marzo	Total general
TJ 8645	CRIBEN				59,807	334.12 TJ 8645	CRIBEN				-
	CUADRO COJO						CUADRO COJO				179
	CUADRO COMPLETO						CUADRO COMPLETO				-
	JACKPOT						JACKPOT				-
	PUNTAL						PUNTAL				-
Total TJ 8645					59,807	Total TJ 8645					179

Figura N° 38, Cuadros comparativos en una roca MF/P.

Realizando la comparación se tiene un ahorro de un 26% en costo de sostenimiento de madera.

## CONCLUSIONES Y RECOMENCACIONES

### CONCLUSIONES.

- Según el análisis de la orientación de esfuerzos en las Galerías, Subniveles y Tajos cuya disposición de excavación final será perpendicular al esfuerzo mayor estas están expuestas a efectos de relajamientos.
- Los eventos de relajamiento principalmente se dan en rocas granodioríticas y aplíticas y en zonas de contactos litológicos entre ellas; el tipo de comportamiento de estas rocas es frágil a concentración de esfuerzos y este se manifiesta en forma de relajamientos y estallidos.
- Las zonas expuestas producto de la explotación sobredimensionada causan concentración de esfuerzos (Esfuerzos inducidos) hacia los pilares afectando a las galerías y reaccionando estas con eventos de relajamiento. (desestabilizando).
- Longitudinalmente la veta Glorita 2 presenta una diferencia de presiones por efecto de encampane siendo afectado con mayor presión la parte NW soportando una carga litostática de 1000m, y la parte SE soporta una carga litostática de 380m, esta diferencia de presiones desarrolla un empuje de masa hacia el lado SE que podría provocar efectos de relajamientos.
- Como reducción en costo de sostenimiento en madera según la calidad de roca es la siguiente.



GSI (calidad de roca)	GLORITA 2 area (m2)	REDUCCION DE COSTO
MF/R	49%	75%
MF/P	51%	26%

## RECOMENDACIONES.

- El Span de la explotación debe ser controlado, ciclando dicha explotación con relleno hidráulico llegando a tener una área abierta máxima de 7 m, en consecuencia evitaremos demasiada concentración de esfuerzos en el contorno de la explotación ya que el relleno actúa como soporte final, liberando presión en los pilares
- De acuerdo a las orientaciones de los esfuerzos se recomienda que la dirección del minado sea en forma paralela a la dirección de esfuerzo mayor ( $\sigma_1$ ) ya que tendrá menor área de efecto.
- En la explotación de Blocks, se debe dejar pilares naturales que servirá de protección a la galería y accesos principales, la recuperación posterior de estos se debe realizar una vez rellenada las zonas de explotadas, y se deberá realizara en retirada.
- Se deben de registrar y reportar todo tipo de relajamiento para efectos de análisis desde leve hasta muy fuertes.
- Se deben de instalar puntos de monitoreo de convergencia en zonas críticas.
- Como medidas de rehabilitación según las condiciones de estabilidad del NV 1847 GL SE y por tiempo de exposición se deben remplazar los cuadros de madera por cimbras metálicas ya que es una labor principal y permanente.
- La CR E del NV 1847 está siendo afectada por los constantes eventos de relajamiento a raíz del colapso del TJ 8350 que posiblemente esté afectando la estabilidad de dicha cortada en tal sentido de debe de instalar soportes pesado ( Cimbras metálicas).



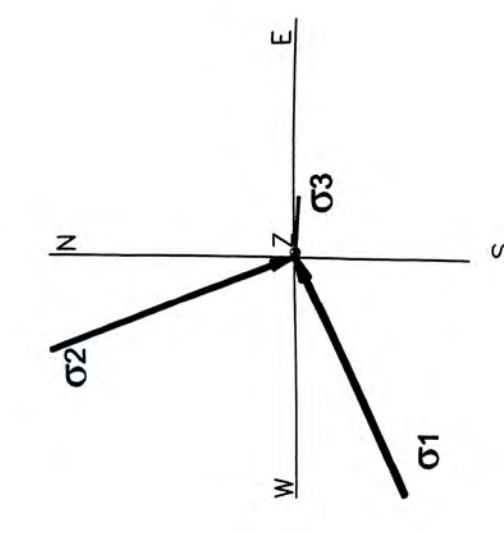
## BIBLIOGRAFÍA

- I Seminario Internacional de Geoingeniería 2010 “Aplicaciones de Geoingeniería a la Industria Minera y de la construcción” Organizado por la Sociedad Peruana de Geoingeniería Dictado en el Instituto de Ingenieros de Minas del Perú.
- Curso de Maestría Internacional Programa 2007 ALFA CARACTERIZACION GEOTECNICA DE MACIZOS ROCOSOS EN MINERIA Y OBRA CIVIL. Dictado del 30 de Julio al 24 de Agosto Perú
- José Ramón Martínez Catalán 2002. Geología Estructural y Geodinámica “Comportamiento Frágil” Universidad de Salamanca
- Luis I. Gonzales de Vallejo. 2002 “Ingeniería Geológica”. Editorial Pearson Educación, Madrid.
- Raul Castro (Universidad de Chile), Ph.D. University of Queensland, Australia. 2010 “Programa internacional en Diseño de Minas Subterráneas”. Organizado por BS GRUPO S.A.C
- ROCSCIENCE, Manual del Usuario y Tutorial. RockLab 1.0, Phases2 6.0, Dips y Unwedge 3.0









- LEVE
- FUERTE
- MUY FUERTE
- REGULAR

AREA OPERATIVA

Revisado x	Fecha	Firma	Observaciones
R			









Lota 2800

Cota 2800

Cota 2750

Cota 2700

Cota 2650

Cota 2600

Cota 2550

Cota 2500

Cota 2450

Cota 2400

Cota 2350

Cota 2300

Cota 2250

Cota 2200

Cota 2150

Cota 2100

Cota 2050

Cota 2000

Cota 1950

Cota 1900

Cota 1880

Cota 1860

Cota 1840

SUPERFICIE

970

7.4

357

NV 1987

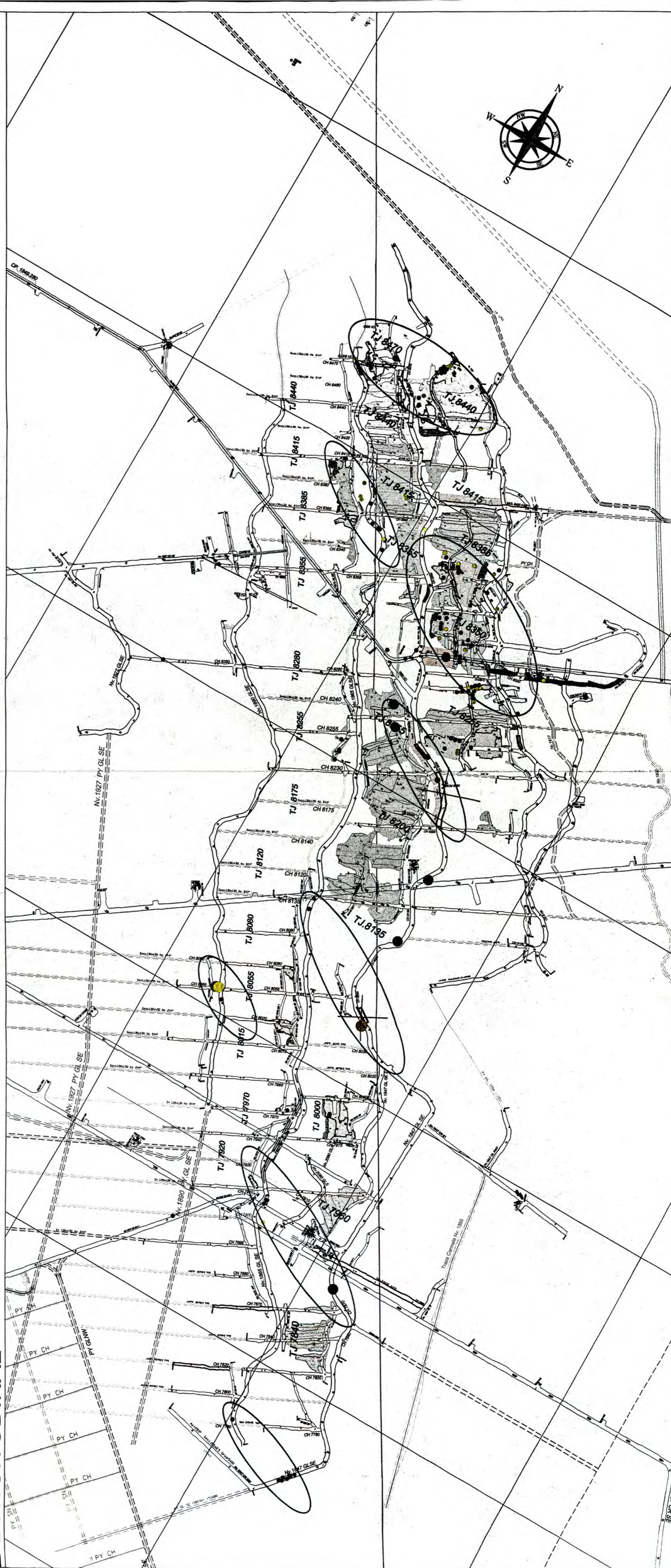
NV 1890

NV 1865

NV 1847

NV 1827

E LONGITUDINAL



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		SECCION: PAPANAYO		SISTEMA: PSAD-56	
CORTE LONGITUDINAL		VETA: GLORIA 2		Escala: 1/2000	
Topogr.:		SV-OT		Fecha: 2012	
Solicitante:		P & I		Revisado: ---	
Diseño:		Dibujo:		Aprobado: ---	
Observaciones:		Firma:		Fecha:	
Revisado x:		Firma:		Fecha:	
FAB:		FAB:		FAB:	