

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA  
MINERA Y METALURGICA**



**IMPLEMENTACIÓN Y AMPLIACIÓN DE LA  
GEO MECÁNICA EN LA MINA HUARON**

**INFORME DE INGENIERÍA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE :  
INGENIERO GEÓLOGO**

**PRESENTADO POR :**

**ENRIQUE FIFEL CHAVEZ ROZAS**

**LIMA – PERU**

**2005**

**Para Amelia, Esther, Mauricio y Sofía**

## **CONTENIDO**

<b>CAPITULO I</b>	<b>Pág.</b>
1. Resumen	5
1.1. Introducción	5
1.2. Objetivos	6
<b>CAPITULO II</b>	
2. Ubicación	7
2.1. Accesibilidad	7
<b>CAPITULO III</b>	
3. Geología General de Huarón	9
3.1 Estratigrafía	9
3.1.1 Rocas Sedimentarias	9
3.1.2 Rocas Intrusivas	10
3.2. Geología Estructural	12
3.3. Geología Económica	14
3.3.1 Tipos de mineralización	14
3.3.2 Alteraciones hidrotermales	14
3.3.3 Paragénesis y Zoneamiento	15
3.3.4 Génesis del yacimiento	17
<b>CAPITULO IV</b>	
4. Implementación de la Geomecánica en Huarón	19
4.1. Antecedentes	19
4.2. Conceptos Teóricos	19
4.2.1. Clasificaciones geomecánicas	19
4.2.1.1 Índice de calidad de la roca – RQD	19
4.2.1.2 Clasificación rock mass rating – RMR	21
4.2.1.3 Clasificación índice de calidad de túneles – Q	24
4.2.2 Índice de Resistencia Geológica G.S.I. modificado	31
4.2.2.1 Factores influyentes	34
4.2.3. Diseño de sostenimiento en labores mineras subterráneas	36
4.3. Tablas Geomecánicas	39
4.4. Mapeo Geomecánico	42
4.4.1. Procedimiento para el mapeo geomecánico	43
4.4.2. Reporte diario de Geomecánica	43

## **CAPITULO V**

5.	Tipos de soporte utilizados en Huarón	45
5.1.	Concreto lanzado o shotcrete	45
5.2.	Arcos de acero o Cimbras	47
5.3.	Pernos split set	50
5.4.	Pernos cementados	50
5.4.1.	Procedimiento de colocación de pernos	53
5.5.	Malla electro soldada	55
5.6.	Cuadros de madera	59
5.7.	Relleno hidráulico	60

## **CAPITULO VI**

6.	Aplicaciones prácticas	61
6.1.	Rampa 920	61
6.2.	Crucero 129E	64
6.3.	Galería 131E	66
6.4.	Sub nivel 34	69
6.5.	Tajeo R-42	72
6.6.	Tajeo R-131S	73

## **CAPITULO VII**

7.	Influencia en el minado de tajos	74
7.1.	Método de trabajo – R-131	74
7.2.	Parámetros de Tajos	75
7.3.	Control de voladura	75

## **CAPITULO VIII**

8.	Elementos de Control y Supervisión	76
8.1.	Comité Auditor	76
8.2.	Auditorias Geomecánicas	78

## **CAPITULO IX**

9.	Conclusiones y Recomendaciones	79
9.1.	Referencias Bibliográficas	81
9.2.	Anexos	82

## **CAPITULO I**

### **1. RESUMEN**

Huarón es un yacimiento de vetas angostas emplazadas en variadas rocas encajonantes consistentes principalmente en stocks intrusivos y margas de la formación Casapalca los afloramientos van desde roca fresca competentes hasta rocas intensamente fracturadas débiles, dependiendo de la alteración hidrotermal que las afecta o de su ubicación espacial que las sitúa en la intersección del sistema de fallas Norte – Sur , Este – Oeste estas pronunciadas diferencias ha llevado a implementar como herramienta de trabajo principal la geomecánica , la cual se vale de la clasificación G.S.I. y de los mapeos geomecánicos para la calificación de las diferentes labores mineras.

La mina Huarón produce en promedio 54,000 T.M.S. mensuales de 3 zonas Norte, Satélite y Sur, en diferentes niveles que van desde el 250 hasta el 700, el método de explotación es de corte y relleno ascendente, en realce de veta, también aplicamos la perforación horizontal o breasting en las labores que la clasificación geomecánica no permite la perforación vertical.

#### **1.1. INTRODUCCION**

En el proceso de diseño y ejecución de las labores de preparación, exploración y explotación en la minería subterránea se manifiestan todo un universo de condicionantes y problemas que están vinculados al comportamiento del macizo rocoso cuando éste se ve afectado por estas excavaciones.

La geomecánica nos revela los puntos que se deben considerar para controlarlos o minimizarlos dentro del desequilibrio que se le somete al macizo rocoso con las excavaciones ya mencionadas.

El macizo de por si es complejo, debido a su composición, discontinuidades, distribución de presiones, presencia de agua, la influencia de la voladura, etc.

Que hacen de este medio un lugar difícil y de comportamiento poco predecible, en Huarón se ha implementado hace pocos años esta herramienta por lo que se esta en fase de implementación, tanto así que el departamento de Geomecánica es de reciente formación.

## **1.2. OBJETIVOS**

El presente trabajo tiene como finalidad el dar a conocer la implementación y desarrollo de la Geomecánica en la Mina Huarón, como herramienta fundamental en la definición del tipo de roca existente y del soporte o refuerzo que debe ser utilizado, en los diferentes tipos de labores que se ejecutan en Huarón.

En este trabajo se reflejan las experiencias tomadas en las zonas Norte y Satélite en lo que son labores de avance y de explotación y en la zona Sur todo lo que con avance, durante la implementación y desarrollo de la Geomecánica en Huarón.

También se trata de evaluar la estabilidad de las labores subterráneas y la elección de un sostenimiento apropiado y oportuno por zonas determinadas en los planos geomecánicos.

En Huarón se trabaja con el G.S.I modificado que impulsó y aplicó el Asesor en Geomecánica, Ing. Carlos Vallejo él cual hizo varias modificaciones en función de la realidad geológica de Huarón.

La geomecánica en Huarón mediante el mapeo geomecánico realizado por los líderes de las labores ha permitido la identificación rápida y correcta del tipo de roca en la cual se encuentran desarrollando las labores, esto permite un rápido sostenimiento y por lo tanto un control eficaz y oportuno de la caída de rocas que ha sido el principal causante de accidentes fatales en Huarón , esta herramienta esta impulsando que el sostenimiento sea considerado como parte del ciclo de minado y llevado a cabo por el mismo personal de operaciones de cada frente y no por brigadas de sostenimiento independientes.

## CAPITULO II

### 2. UBICACIÓN

El yacimiento de Huarón se encuentra ubicado en el distrito de Huayllay, provincia de Pasco y Región Andrés Avelino Cáceres, en un área aproximada de 15 Km<sup>2</sup>, en el flanco oriental de la cordillera occidental de los Andes.

Huarón se ubica geográficamente en las siguientes coordenadas: **76° 25' 30"** de longitud Oeste de Greenwich **11° 00' 45"** de latitud Sur. Se ubica entre los 4,500 y 4,800 m.s.n.m.; altitudes promedio.

#### 2.1. ACCESIBILIDAD

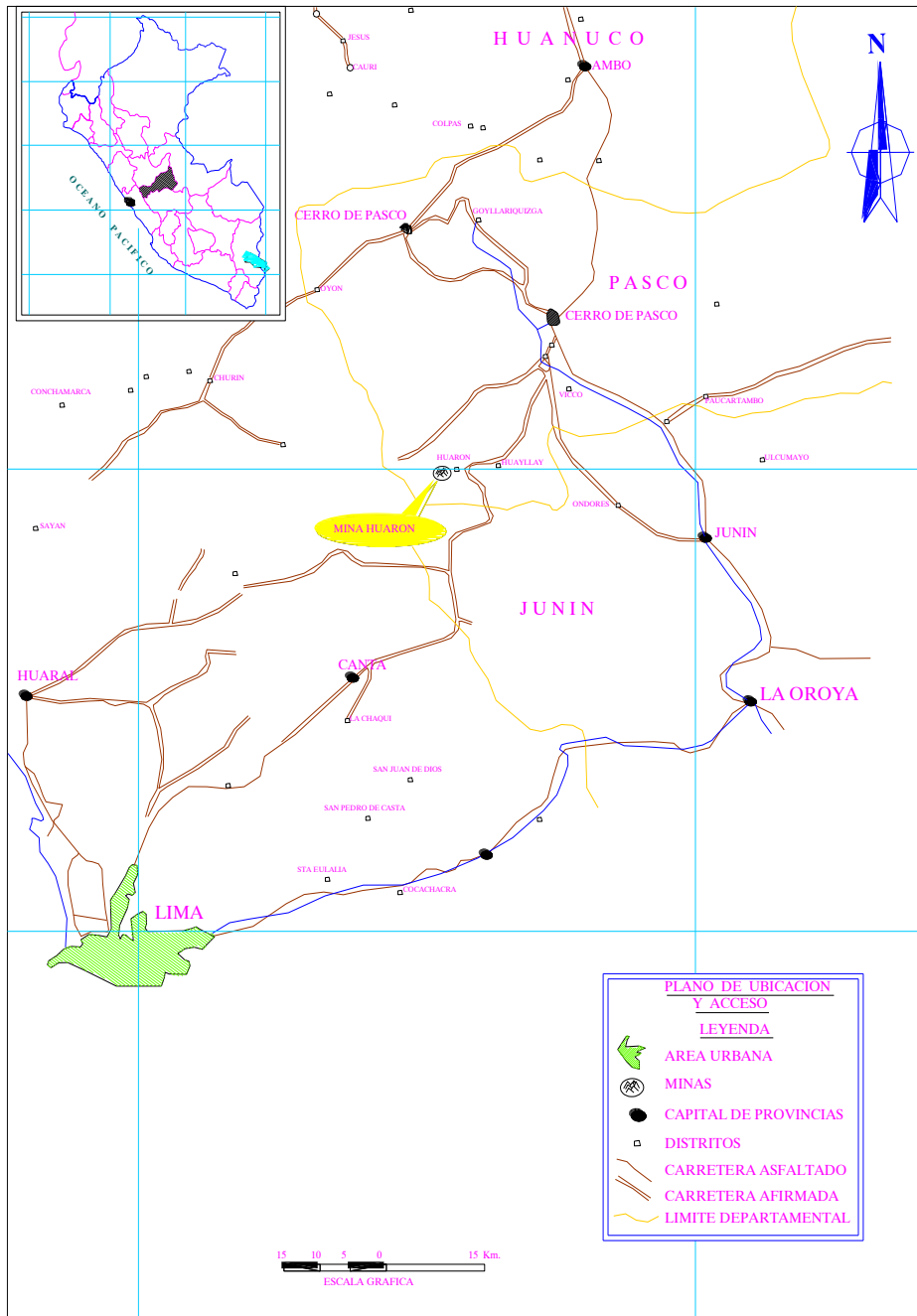
Existen esencialmente dos vías de acceso carrozables y una vía férrea a saber:

##### **Lima – La Oroya – Unish – Huarón**

Es la carretera más conservada y utilizada, por constituir en gran parte la carretera central (Lima – Unish)

##### **Lima – Canta – Huarón**

Asfaltada solo en el tramo: Lima Santa Rosa de Quives en 75 Km. y afirmada lo 146 Km., es poco utilizada por su poca conservación.



**COMPAÑIA MINERA HUARON S.A.**  
**PLANO DE UBICACION**

EJECUTADO: ING. E.CHAVEZ  
REVISADO: ING. E.CHAVEZ

FECHA: ABRIL 2005  
ESCALA: 1/750



## CAPITULO III

### 3. GEOLOGÍA GENERAL DE HUARON

#### 3.1 ESTRATIGRAFIA

##### 3.1.1 ROCAS SEDIMENTARIAS

###### a. FORMACION JUMASHA

Es la Unidad más antigua, (Cretáceo Superior) siendo la base de la columna estratigráfica correspondiente al cretáceo superior formado por calizas y Dolomías grises claras y rosadas intercaladas con pequeños horizontes de carbón y presencia de fósiles Gasterópodos mal preservados. El afloramiento más típico de este grupo se encuentra en el distrito de Canchacucho a 10 km. Al norte de Huarón.

###### b. FORMACIÓN CASAPALCA "CAPAS ROJAS"

###### (Cretáceo Superior-Eoceno)

Consta de dos miembros: **las capas rojas inferiores** que consiste en una secuencia de areniscas y margas con intercalaciones delgadas de estratos de lutitas grises, tiene un espesor de 200 a 500 m. Y **las capas rojas superiores**, formada por conglomerados silíceos con clastos de cuarcita semiredondeados a bien redondeados que van desde los 1 cm. a los 15 cm. de matriz arenácea y ligeras estratificaciones, tiene un espesor de 40 m., se le conoce como el conglomerado Bernabé. Seguidamente existe una secuencia calcárea de calizas silicificadas y dolomitizadas conocidas como el chert Sevilla.

**c. FORMACIÓN ABIGARRADA** (Terciario medio – Oligoceno Superior)

Está formada por:

**Miembro Huarón**, secuencia compuesta por conglomerados abarcados por la silicificación de los chert y areniscas, lutitas y limolitas calcáreas de color marrón (100 m.)

**Abigarrada Superior**, compuesta por conglomerados conocidas como San Pedro y areniscas.

**d. VOLCÁNICOS TERCIARIOS**

Una primera fase corresponde a los volcánicos del Mioceno que consiste en Andesitas y Basaltos de color rojizo.

Una segunda fase, corresponde a los volcánicos del Plioceno, compuesto por material piroclástico: tufos grises, brechas y cenizas volcánicas.

Estas rocas cubren gran extensión y son conocidas como el Bosque de Rocas de Huayllay.

**3.1.2 ROCAS INTRUSIVAS** (Terciario Inferior – Medio)

Son cuerpos irregulares de diferente tamaño que afloran en el área del yacimiento en forma de diques. Debido al relajamiento tectónico en la parte convexa del anticlinal, se originaron zonas de debilitamiento a lo largo de las cuales se produjeron rupturas que sirvieron para la circulación y emplazamiento de fluidos de composición monzonítica en forma de diques longitudinales y transversales. Estos diques han desplazado muy poco los horizontes litológicos y no han producido metamorfismo de contacto en las rocas encajonantes y se encuentran alterados a sericitización, caolinización y fuerte piritización.



### 3.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

**A. Plegamientos;** Un anticlinal asimétrico, es la estructura principal con el flanco Oriental de mayor buzamiento que el occidental, parte del plano axial ha sido erosionado.

Las dimensiones de la estructura son aproximadamente son de 20 Km. a lo largo de la zona axial longitudinal y 6 Km. de la zona axial transversal.

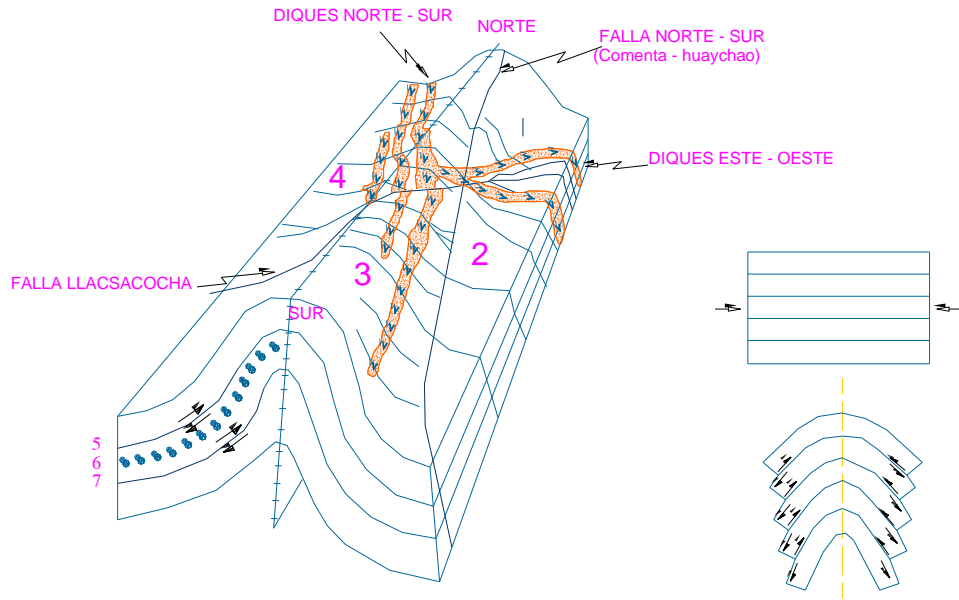
**B. Fallas y Fracturas;** los esfuerzos posteriores a la compresión e intrusión, debido al relajamiento de la charnela del anticlinal con formación de fallas y fracturas que:

Un primer conjunto de orientación E-W, se caracteriza por presentar dos sistemas de fracturas: el primer buza  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  N, se localiza en la parte sur del distrito, vetas: Andalucía, Restauradora, Cometa, Elena, Yanamina, Travieso, Alianza y Yanacrestón; el segundo sistema que buza  $80^{\circ}$ - $90^{\circ}$  S, se localiza en la parte norte, vetas: Shiusha N, Shiusha S, Pozo D, Patrick y veta 17.

Un segundo conjunto de orientación N-S, que buzan al Oeste entre  $40^{\circ}$ - $65^{\circ}$  W, se localizan al Oeste del distrito, son concordantes a la estratificación, vetas: Fastidiosa, San Narciso, Santa Rita, Surprise, Caprichosa y ramal Caprichosa.

Todas las fracturas y fallas son pre-minerales más el fracturamiento post mineral de menor magnitud en forma concordante al pre-mineral.

## HUARON ESQUEMA ESTRUCTURAL



EQUISDE LA DE LA CIZALLA DE HUARON (FALLA N-S. Y FALLA LLACSACOA POZO "D" DIVIDE AL ANTICLINAL EN 4 ZONAS.

- 1 ZONA UNO : ESCASAS VETAS, POCO MINERALIZADAS.
- 2 ZONA DOS : POCAS VETAS Y DELGADAS, V-17 SALPO, RABO DE COMETA.
- 3 ZONA TRES : BUENA CANTIDAD DE VETAS DE Pb,Zn,Ag, CON GANGA DE CUARZO Y CARBONATOS: COMETA, PROVIDENCIA, LABOR.
- 4 ZONA CUATRO : MEJOR MINERALIZADA GRAN CANTIDAD DE VETAS DE Pb, Zn, Ag, Cu. GANGA DE CUARZO, PIRITA, Rho.

- VETAS ESTE - OESTE.
- + + + EJE ANTICLINAL.

### VETAS DE SOBRE ESCURRIMIENTO NORTE - SUR CONCORDANTES

- 6 ●●●● CONGLOMERADO "SAN PEDRO" CAUSANTE DE LOS SOBRE ESCURRIMIENTOS FUERTES POR RESISTENCIA PLASTICA AL PLEGAMIENTO
- ~ VETAS CAPRICHOSA SANTA RITA.
- ~ VETAS SAN NARCISO FASTIDIOSA.

Fig. Nº 4

COMPANIA MINERA HUARON S.A.



### COMPANIA MINERA HUARON S.A. ESQUEMA ESTRUCTURAL

EJECUTADO: ING. E.CHAVEZ  
REVISADO: ING. E.CHAVEZ

FECHA: ABRIL 2005  
ESCALA: 1/750

### **3.3. GEOLOGIA ECONOMICA**

#### **3.3.1 TIPOS DE MINERALIZACION:**

##### *A. Vetas*

En fallas o fracturas mineralizadas posteriormente con minerales de mena y ganga predominando la longitud horizontal sobre la vertical, variando en potencia en unos centímetros, hasta algunos metros. Ejemplo; Alianza, Yanacrestón, Veta Cuatro, Travieso, Cometa, etc.

##### *B. Vetas Manto*

Vetas estratiformes, siguen el buzamiento de las capas sedimentarias de la Formación Casapalca inferior y superior ejemplo: Caprichosa, Fastidiosa, Surprise, Santa Rita, San Narciso, Ramal Caprichosa, vetas trampa del contacto conglomerado-marga San Pedro, etc.

##### *C. Bolsonadas*

Son concentraciones de mineral Hipógeno en cuerpos de forma irregular, emplazados principalmente en conglomerados y chert por reemplazamiento, ejemplo: Sevilla, Córdoba, Lourdes, Impacto 15, Bolsonada 51, etc.

#### **3.3.2 ALTERACIONES HIDROTERMALES**

##### **A. Silicificación**

Es una de las alteraciones más notorias y comunes que da mayor fuerza y dureza a las Margas. La silicificación se presenta en los horizontes de chert es característica porque es favorable para la diseminación de sulfuros de mena.

##### **B. Piritización**

Determinada por la presencia de pirita diseminada en las rocas encajantes, esta alteración es menor en las rocas compactas y

duras como cuarcitas y mayor en margas, conglomerados y monzonita.

### **C. Propilitización**

Es una característica propia de las margas donde se constituye minerales de color verde como la Epidota y Clorita.

### **D. Caolinización**

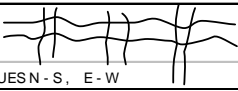

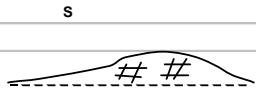
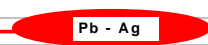
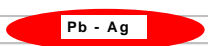

Debido a la alteración de los feldespatos de la monzonita se forma el caolín blanquecino y a veces hidratado.

## **3.3.3. PARAGENESIS Y ZONEAMIENTO**

La Paragénesis del Distrito de Huarón, se especifica en cuatro flujos mineralizantes principales de mayor a menor Temperatura; sin embargo se han identificado hasta ocho flujos mineralizantes, muchos de ellos no están bien estudiados; en el terreno se han realizado las siguientes observaciones que pueden variar en el futuro.

- Las primeras vetas de Huarón fueron de Cuarzo-Pirita básicamente.
- La segunda mineralización fue de Galena, Esfalerita y Plata con ganga de Cuarzo-Pirita.
- La tercera mineralización con Blenda, Galena y ganga de Rodocrosita con alta Ley de Plata.
- Una cuarta mineralización con Cuarzo, Pirita y minerales, de Cobre básicamente Sulfosales (éstos últimos pueden tener origen secundario).

Las estructuras de veta, pueden tener dos ó todas las fases de mineralización, pues han sufrido reaperturas.

PARAGENESIS GENERALIZADA YACIMIENTO POLIMETÁLICO DE HUARÓN			
	I FASE	II FASE	III FASE
<b>EVENTOS TECTONICOS</b>	PLEGAMIENTO - ANTICLINAL FALLAMIENTO E - W FRACT. BLOQUE " ESTE " SE HUNDIÓ	COMPRESION 70 °CIZALLA " X ", FALLA " LLACSACOCCHA " " TRAVIESO " " POZO D " COMPRESION FLANCO OESTE - FALLAS N - S SOBREESCURRIMIENTO	DISTENSION
<b>INTRUSIVOS</b>	 DIQUES N - S, E - W		
<b>ENSAMBLES</b>	Fe, Zn, As, ( Sn ) - ( W )	Cu, Pb, Ag ( Bi ) - ( Te ) - ( V )	Sb, Ag ( Etapa Argentífera )
<b>ALTERACIONES</b>	 Silica - Potásica ( Propilitica)	 Argílica	
<b>PIRITA ( Py )</b>	Py 1	Py 2	Tn Cp Tetrahedrita
<b>GALENA ( Ga )</b>			
<b>ESFALERITA ( sf. Ó sph. )</b>	Fe Sf negra ( Marmat. )	Sf rubia	Cp Sf. Rubia
<b>CUARZO ( Qz. )</b>	Qz 1	Qz 2	Qz 3
<b>CHALCOPIRITA ( Cp. )</b>	Cp 1	Cp 2 Cu	Cp 3
<b>CALCITA - DOLOM. ( Ca. - Dol. )</b>			
<b>SERICITA - ILLITA</b>			
<b>CARBONATOS ( Sider.-Rdc. )</b>		Mn?	
<b>ALABANDITA ( Mn )</b>		Mn?	
<b>SULFOSALES :</b>			
<b>Cobres Grises : (60-90% Ag)</b>			
Tetrahedrita ( Freibergita ) (Td)		Cu, Pb, Ag, Tn	Tetrahedrita
Tennantita (Tn)			
Enargita ( Luzonita ) ( En )		Cu	
<b>MINERALES DE PLATA</b>			
Galena Argent. 6 - 15 % y en sf en niveles superiores y periferie			
Cu gris antimoniales (60-90%Ag)			



### 3.3.4. GENESIS DEL YACIMIENTO

M. Schmidt 1975, Espouterille 1978, JM. Thouvenin 1983, D. Ríos 1984 - 1990), establecen una cronología de las fases de actividad tectónica magmática en el yacimiento.

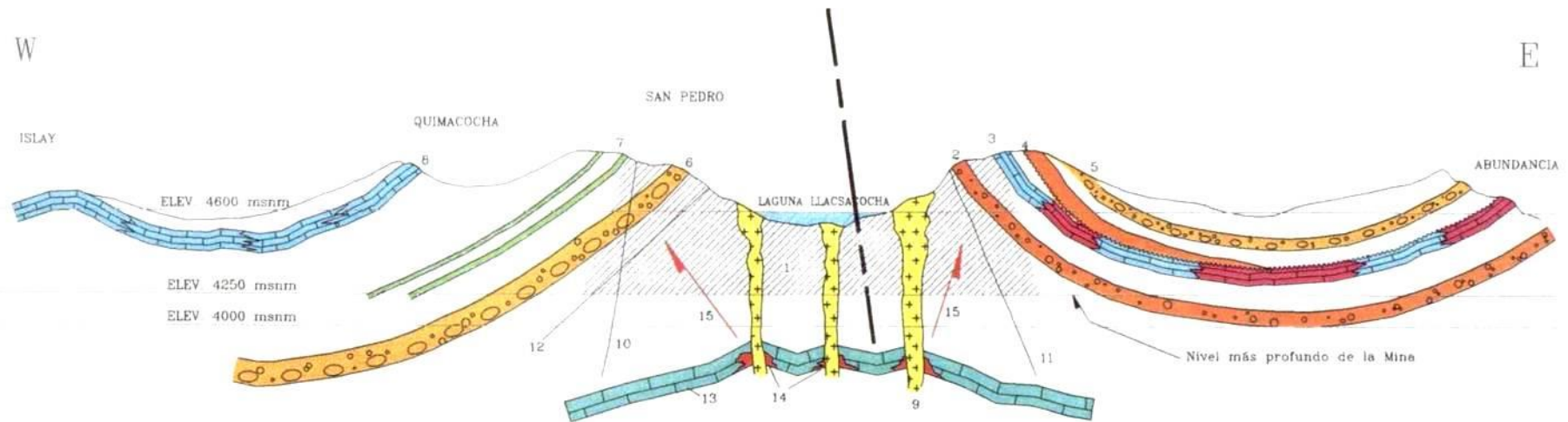
Dentro de la región Huarón, toda la serie de las capas rojas de edad eocena, están plegados y fracturados por la fase tectónica llamada "incaica" (-43 millones de años). Estas deformaciones están afectadas por una segunda fase tectónica de edad comprendida entre los 18 a 24 millones de años (fase Quechua), que ocasionó la formación del anticlinal de Huarón, mostrando fallas inversas sobre su flanco oeste y a un rejuego de una de las grandes fallas E-W, la falla Pozo D.

Las intrusiones Subvolcánicas son contemporáneas a la depositación al Oeste de Huarón de rocas volcánicas de composición dacítica a andesítica, correlacionando con vulcanismo Calipuy. Las dataciones efectuadas sea sobre intrusiones antiminerales monzoníticas en Cerro de Pasco, sea sobre los volcánicos en la proximidad del yacimiento del Río Pallanga a 15 Km. Al sur de Huarón, nos da una edad alrededor de 15 millones de años.

Una tercera fase tectónica de edad comprendida entre 13 y 10 millones de años, los que corresponden a una compresión N-S en la zona de superficie puna (J.P. Souta op.cit) puede relacionarse en Huarón con una compresión N 70° y a una ligera discordancia dentro de las formaciones volcánicas.

Finalmente, una última fase tectónica terciaria de edad comprendida entre 05 y 01 millón de años, es seguido de una erosión intensa conduciendo a la formación de la superficie puna próxima a la superficial actual y precede la depositación, al este de Huarón de volcánicos ácidos, las ignimbritas del bosque de las rocas, de edad pliocena.

HUARON - PERFIL MIRANDO AL NORTE  
( muy esquemático )



- 1 [diagonal lines] AREA CON FUERTE ALTERACION HIDROTHERMAL (Explot. antigua vetas E-W 80% de Huarón) - CORAZON DE HUARON
- 2 [orange with dots] CONGLOMERADO BARNABE (Explot. antigua de "Bolsonada 2 y 3)
- 3 [red with dots] CHERT CALCAREO "SEVILLA" (Explot. antigua Bolsonada 1)
- 4 [orange with dots] CONGLOMERADO BASE MIEMBRO HUARON
- 5 [orange with dots] CONGLOMERADO BASE ABIGARRADA SUPERIOR (SIN ALTERACION)
- 6 [orange with dots] CONGLOMERADO BASE ABIGARRADA SUPERIOR "SAN PEDRO" - METALOTECTO
- 7 [green with dots] NIVELES SUPERIORES CONGLOMERADO ABIGARRADO METALOTECTO?
- 8 [blue with dots] CALCAREO ABIGARRADO SUPERIOR - METALOTECTO
- 9 [yellow with dots] DIQUES INTRUSIVOS N-S
- 10 [black] FALLA LLACSACOCHA
- 11 [black] FALLA COMETA-HUAYCHAO
- 12 [black] FALLAS LLACSACOCHA-SAN NARCISO
- 13 [blue with dots] CALIZAS JUMASHA
- 14 [red with dots] POSIBLE REEMPLAZAMIENTO DE Pb, Zn. A PROFUNDIDAD
- 15 [red arrow] DIRECCION DEL FLUJO MINERAL
- EJE DE ANTICLINAL HUARON

Escala Aprox 1:20,000

## **CAPITULO IV**

### **4. IMPLEMENTACION DE LA GEOMECANICA EN HUARON**

#### **4.1. ANTECEDENTES**

Para la elaboración de este trabajo se tuvo como referencia, la secuencia que tuvo lugar para que se implemente en Huarón la Geomecánica, esto se remonta al año 2,001 en que sucedió un serie de accidentes cuyo origen o causa básica era la caída de rocas, al no tener una herramienta adecuada para poder evaluar e identificar correctamente el tipo de roca en que se estaba trabajando y el sostenimiento oportuno que se requería.

Luego de esto se inició la introducción de la Geomecánica en Huarón , de forma tímida y sin un plan a mediano plazo , fue luego en el año 2004 que sucede un accidente fatal en la zona de Satélite por desprendimiento de roca que la aplicación de un plan con plazos establecidos se hace realidad, con altibajos debido a que la operación de mina distrae sus esfuerzos en la extracción y ejecuta parcialmente los mecanismos de control que requiere la implementación y seguimiento de la aplicación geomecánica.

#### **4.2. CONCEPTOS TEORICOS**

##### **4.2.1. CLASIFICACIONES GEOMECANICAS**

Vamos a referirnos a las más conocidas y de aplicación más difundida a nivel mundial

##### **4.2.1.1. Índice de calidad de la roca - RQD**

Fue desarrollado por Deere (1967), provee una estimación cuantitativa de la calidad de la masa rocosa a partir del registro de perforaciones diamantinas.

$$RQD = \frac{\text{Sumatoria de longitudes de piezas mayores de 100mm}}{\text{longitud total del barreno}}$$

El RQD se define como el porcentaje de piezas de roca intacta mayores que 100 mm., que se recuperan enteras del largo total del barreno.

El testigo debería tener al menos 50 mm., recuperado con una perforadora diamantina de doble carril. Generalmente se da un valor de RQD para cada dos metros de perforación.

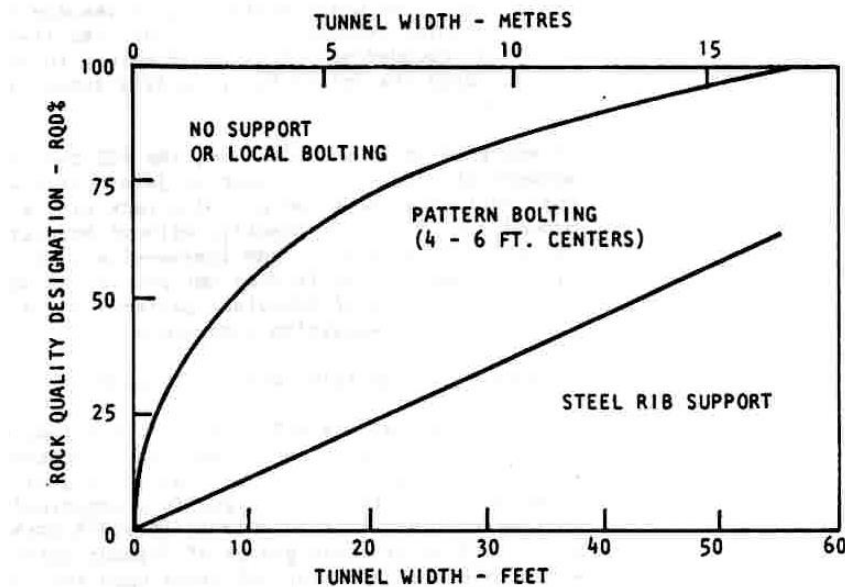
Esta operación es bastante sencilla, rápida y, se ejecuta conjuntamente con el registro geológico normal del sondeo.

Deere propuso la siguiente relación entre el valor numérico RQD y la calidad de la roca.

RQD	CALIDAD DE ROCA
25%	Muy mala
25-50%	Mala
50-75%	Regular
75-90%	Buena
90-100%	Muy Buena

Merrit que el criterio de refuerzos RQD tiene limitaciones en el caso de que existan fracturas con rellenos delgados de arcilla o de material meteorizado. Este caso puede presentarse cerca de la superficie donde la meteorización y las infiltraciones hayan producido arcilla, lo que reduce la resistencia a la fricción a lo largo de los planos de fractura. Esto genera una roca inestable aún si las fisuras están muy separadas una de otra y el valor de RQD es alto.

El RQD no toma el factor orientación de las discontinuidades lo cual es muy importante para el comportamiento de la roca alrededor de una obra subterránea.



*Proposición del uso del RQD para escoger el soporte de roca (Según Merrit).*

#### 4.2.1.2. Clasificación rock mass rating - RMR:

Bieniawski, en 1976, publicó su clasificación de masas rocosas llamada Clasificación Geomecánica o Rock Mass Rating. Con el pasar de los años, este sistema ha sido refinado sucesivamente cambiando los índices asignados a cada uno de los parámetros de clasificación. El sistema que se presenta data de 1989 y es la más reciente.

Bieniawski utilizó 6 parámetros para clasificar las masas rocosas haciendo uso del sistema Rock Mass Rating:

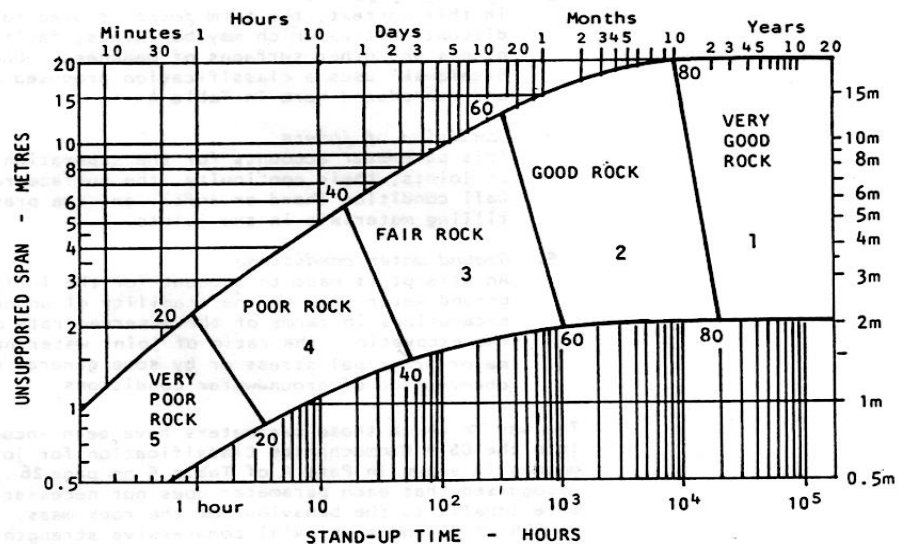
1. Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta.
2. Rock Quality Designation (RQD)
3. Espaciamiento de discontinuidades.
4. Condición de discontinuidades.
5. Condición de agua subterránea.
6. Orientación de discontinuidades.

Para aplicar este sistema, la masa rocosa debe dividirse en áreas llamadas dominios estructurales; cada uno de éstos debe clasificarse separadamente. La periferia de los dominios estructurales generalmente coincide con una estructura mayor o cambio del tipo de roca. En algunos casos, cambios significantes en el espaciamiento o características de las discontinuidades, dentro de un mismo tipo de roca, pueden hacer necesario dividir la masa rocosa en varios dominios estructurales pequeños.

El sistema Rock Mass Rating se presenta en las tablas siguientes, los cuales proporcionan los índices para cada uno de los seis parámetros listados arriba. Estos índices se suman y dan un valor R.M.R.

Bieniawski publicó, en 1989, una serie de reglas para la selección del sostenimiento en túneles ejecutados en masas rocosas que han sido valorados con el sistema R.M.R.

Estas reglas se han publicado para túneles de 10 m de ancho, construidos utilizando métodos convencionales de perforación y voladura, asumiendo esfuerzos verticales menores a 25 MPa (equivalente a una profundidad menor de 900 m).



Relaciones entre el tiempo libre de autosostenimiento de una excavación subterránea con la clasificación geomecánica CSRI de Bieniawski

## Sistema de Valoración de la Masa Rocosa – RMR (Según Bieniawski, 1989).

A. Clasificación de parámetros y sus valoraciones									
Parámetro			Rango de valores						
1	Resistencia de la roca intacta	Índice de carga puntual	> 8 Mpa	4 - 8 Mpa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	Para este rango bajo, mejor usar ensayo de Res. Compre.		
		Resis. Compresiva Uniaxial	>200 Mpa	100 - 200 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	10-25 MPa	3-10 MPa	1-3 MPa
	Valuación	15	12	7	4	2	1	0	
2	Índice calidad testigo RQD		90% - 100%	75% - 90%	50% - 75%	25% - 50%	<25%		
	Valuación		20	17	13	8	3		
3	Espaciamiento de juntas		> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm		
	Valuación		30	25	20	10	5		
4	Condición de juntas		Superficie muy rugosa, no continua, cerrada, paredes sanas	Ligeram. Rugosas, apertura < 1mm, ligram. Intemperizadas	Ligeram. Rugosas, apertura < 1mm, paredes meteorizadas	Superficie lisa o gouge <5 mm, o apertura de 1-5mm, juntas continuas	Gouge suave > 5mm de espesor o juntas con apertura > 5mm, juntas continuas		
	Valuación		25	20	12	6	0		
5	Agua subterránea	Flujo por 10 m de longitud de túnel (l/m)	nada	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125		
		Presión de agua / Esfuerzo principal	0	< 0.1	0.1 - 0.2	0.2 - 0.5	> 0.5		
		Condición general	Completamente seco	húmedo	mojado	goteo	Flujo		
		Valuación	15	10	7	4	0		
B Ajuste de la valoración por orientación de discontinuidades									
Orientación del rumbo y buzamiento			Muy favorable	favorable	medio	desfavorable	Muy desfavorable		
Valuación	Túneles & minas		0	-2	-5	-10	-12		
	Fundaciones		0	-2	-7	-15	-25		
	Taludes		0	-5	-25	-50			
C. Clases de masa rocosa determinado por la valoración total									
Valuación			100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	<21		
Número de clase			I	II	III	IV	V		
Descripción			Roca muy buena	Roca buena	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala		
D. Significado de la clase de roca									
Número de clase			I	II	III	IV	V		
Tiempo de auto sostenimiento			20 años span 15m	1 año span 10m	1 semana span 5m	10 hrs. span 2.5m	30 minutos span 1m		
Cohesión de la masa rocosa KPa			> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100		
Angulo de fricción de masa rocosa			> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°		
E. Pautas para la clasificación de las condiciones de juntas									
Longitud de las discon. Persistencia			< 1m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m		
Valuación			6	4	2	1	0		
Separación (apertura)			Cerrada	< 0.1 mm	0.1- 1 mm	1 - 5mm	> 5mm		
Valuación			6	5	4	1	0		
Rugosidad			Muy rugosa	Rugosa	Ligeram. Rugosa	Lisa	Espejo de falla		
Valuación			6	5	3	1	0		
Relleno (gouge)			Nada	Relleno duro <5mm	Relleno duro >5mm	Relleno suave <5mm	Relleno suave > 5mm		
Valuación			6	4	2	1	0		
Intemperización			Sana	Ligeram. Intempe.	Moderada	Muy intemperizada	Descompuesta		
valuación			6	5	3	1	0		
F. Efecto de la orientación del rumbo y buzamiento de las discontinuidades en los túneles									
Rumbo perpendicular al eje del túnel					Rumbo paralelo al eje del túnel				
Avance con el buz. Buz.45-90°			Avance con el buz. Buz 20-45°		Buzamiento 45-90°		Buzamiento 20-45°		
Muy favorable			favorable		Muy desfavorable		moderado		
Avance contra el buz. Buz. 45-90°			Avance contra el buz. Buz. 20-45°		Buzamiento 0 - 20° independiente del rumbo				
moderado			desfavorable		Moderado				

\* Algunas condiciones son mutuamente excluyentes, por ejemplo, si el relleno esta presente, la rugosidad de la superficie será dominado por la influencia del gouge. En tales casos usar A.4 directamente. \*\* Modificado por Wickham et. al. (1972).

### 4.2.1.3. Clasificación índice de calidad de túneles - Q

Basados en más de 200 casos históricos, Barton, Lien y Lunde de la Norwegian Geotechnical Institute (NGI), propusieron en 1974 el Tunnelling Quality Index, orientado a la determinación de las características de la masa rocosa y requerimientos de sostenimiento de túneles.

El valor numérico del índice Q varía, en una escala logarítmica, desde 0.001 a 1000 y se define como:

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

Donde:

*RQD* : Índice de calidad de roca  
*J<sub>n</sub>* : Número de sistemas de fisuras  
*J<sub>r</sub>* : Número de rugosidad de las fisuras  
*J<sub>a</sub>* : Número de alteración de las fisuras  
*J<sub>w</sub>* : Factor de reducción del agua  
*SRF* : Factor de reducción por esfuerzos

Los valores arriba especificados se obtienen a partir de tablas las cuales están en función de las características estructurales de los macizos rocosos.

Los autores consideran que los parámetros *J<sub>n</sub>*, *J<sub>r</sub>* y *J<sub>a</sub>* son más importantes que la orientación de las fisuras, ya que este factor se encuentra incluido en los parámetros *J<sub>a</sub>* y *J<sub>r</sub>*.

Una somera descripción del significado de los parámetros usados para obtener el valor de Q es el siguiente:

*RQD/J<sub>n</sub>* representa la estructura del macizo rocoso y es una medida relativa del tamaño de los bloques.

*J<sub>r</sub>/J<sub>a</sub>* representa la rugosidad y las características de fricción de las paredes de las fisuras. Esto es la resistencia al esfuerzo cortante entre los bloques.

*J<sub>w</sub>/SRF* *J<sub>w</sub>* es una medida de la presión de poros y *SRF* representa:

- La carga disipada en el caso que el túnel atraviesa zonas de falla o con altos contenidos de arcilla
- Los esfuerzos en roca competente.
- Cargas compresivas en roca de comportamiento plástico e incompetente.

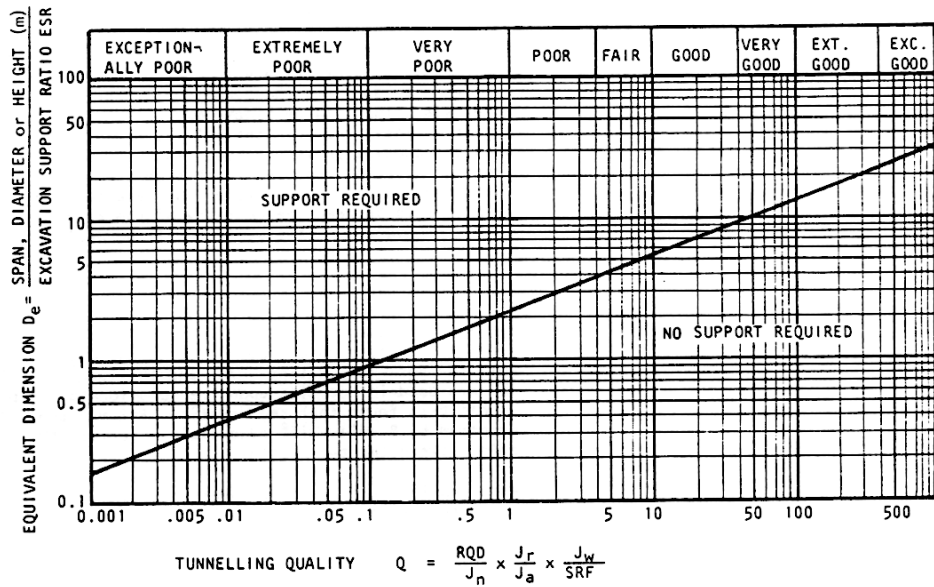


Barton creó un elemento cuantitativo adicional que llamó dimensión equivalente "De"; el fin que perseguía era relacionar "Q" con el comportamiento de una excavación subterránea y sus necesidades de sostenimiento.

$$De = \frac{\text{Ancho de la excavación, diámetro o altura (m)}}{\text{Relación de soporte de la excavación(ESR)}}$$

El valor de ESR de una tabla, mostrada a continuación, que esta en función del tipo de excavación.

La relación entre "Q" y "De" de una excavación que se sostendrá sin refuerzo se ilustra en la figura siguiente:



*Relaciones entre la dimensión equivalente máxima de una excavación subterránea no soportada y el índice de calidad de túneles Q.*

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

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

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

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

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

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

Factor de Reducción de esfuerzos	dc / d1	dt / d1	SRF	Observaciones
- Roca Competente, problemas de esfuerzos.				3.- Hay pocos casos reportados donde el techo debajo de la superficie sea menor que el ancho del claro. Se sugiere Que el SRF sea aumentado de 2.5 a 5 para estos casos, ver H
H.- Esfuerzo bajo, cerca de la superficie.	> 200	> 13	2.5	
I.- Esfuerzo medio.	200-10	13-0.66	1.0	
J.- Esfuerzo grande, estructura muy cerrada (generalmente favorable para la estabilidad. Pude ser desfavorable para la estabilidad de los hastiales.	10-5	0.66-0.33	0.5-2	
K.- Desprendimiento moderado de la roca masiva.	5-2.5	0.33-0.16	05-10	
L.- Desprendimiento intenso de la roca masiva.	< 2.5	< 0.16	10-20	
- Roca fluyente, flujo plástico de roca incompetente bajo la influencia de altas presiones litostaticas.				
M.- Presión de flujo moderado.			5-10	
N.- Presión de Flujo Intenso.			10-20	
- Roca expansiva, actividad actividad química expansiva dependiendo de la presencia de agua.				
O.- Presión de expansión Moderado.			5-10	
P.- Presión de expansión Intensa.			10-15	

### Recomendaciones para el uso de los cuadros:

1.- El parámetro  $J_n$ , que representa en número de familia de juntas, puede estar afectado por foliación, esquistosidad, clivaje y laminaciones. Si las juntas paralelas tienen suficiente desarrollo, deben contabilizarse como una familia completa. Si hay pocas juntas visibles, roturas ocasionales en los

testigos debido a estos planos, se contabilizan como juntas ocasionales al considerar el  $J_n$  en la tabla.

2.- Los parámetros  $J_r$  y  $J_a$ , cuyo cociente representa la resistencia al esfuerzo cortante, serán los de la familia de juntas o discontinuidad rellena de arcilla, más débil que exista en la roca, además es necesario tener en cuenta la orientación de las familias o discontinuidades, de tal forma que deban ser representativas.

3.- El valor SRF, en el caso de que el macizo rocoso contenga arcilla, en este caso la resistencia de la roca es factor determinante de la estabilidad de la excavación subterránea. Cuando el macizo rocoso no contenga arcilla y el número de Juntas sea pequeño la resistencia de la roca puede convertirse en factor, tal que el cociente de  $d_t/d_c$ , defina la estabilidad de la roca.

4.- En el caso de rocas muy anisotrópicas, la resistencia compresiva de la roca  $d_c$  y el esfuerzo a la tracción  $d_t$ , se evaluarán en la dirección más favorable para la estabilidad.

Los parámetros que definen "**Q**", representan el siguiente aspecto:

RQD/ $J_n$ : Tamaño de bloques, representa la estructura global del macizo rocoso.

$J_r/J_a$ : Resistencia al corte entre bloques.

$J_w/SRF$ : Estado tensional en el macizo rocoso.

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

Barton Lien y Lunde desarrollaron la relación denominada Dimensión Equivalente " $D_e$ " de la excavación, esta relación se obtiene de dividir el ancho, diámetro o altura de la excavación por un factor denominado Relación de soporte de la excavación ESR (Excavation Support Ratio).

$D_e = \frac{\text{Ancho de la excavación, diámetro o altura (m)}}{\text{Relación de soporte de la excavación ESR}}$

Relación de soporte de la excavación ESR

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

Ancho de la excavación, diámetro o altura (m)

Relación de soporte de la excavación ESR

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

La relación entre el Índice de calidad tunelera "Q" y la dimensión equivalente "De" de una excavación, Barton Lien y Lunde, elaboraron una tabla a partir de la cual se puede diagnosticar las necesidades de sostenimiento. (Ver en los anexos del trabajo).

#### 4.2.2. Índice de Resistencia Geológica G.S.I. Modificado

También denominado Índice de Resistencia Geológica propuesto por Hoek (1997) y Hoek Kaiser y Bawden(1998) el cual proporciona un sistema práctico para estimar la variación de la resistencia que presentaría el macizo rocoso en diferentes condiciones geológicas , nos referiremos a la forma de determinar éste índice en la labor minera diaria.

La clasificación GSI esta basada principalmente en la identificación de los parámetros de estructuras (fracturamiento) y condiciones (Resistencia de la

masa rocosa- condición de discontinuidades) estas clasificaciones tiene una relación entre sí, dadas por las siguientes expresiones:

$$\mathbf{GSI=RMR (89) seco - 5..... (1)}$$

$$\mathbf{RMR=44 + Ln (Q)..... (2)}$$

#### PRINCIPALES PARAMETROS.

Tanto los procesos geológicos como su composición de minerales le han dado a las rocas unas características que las diferencian unas de otras al igual que a su comportamiento cuando son excavadas.

Las características o parámetros más significativos de su comportamiento son las condiciones de fracturamiento y las condiciones de resistencia.

Las condiciones de fracturamiento se miden utilizando un flexómetro o una cinta métrica y se determina midiendo a lo largo de un metro, cuantas fracturas se presentan en la roca, para observarse mejor la pared rocosa de la labor debe estar bien lavada.

No se consideran las fracturas por disparo, ni las fracturas muy pequeñas, menores de 1.0 m. de longitud.

De acuerdo al número de fracturas por metro lineal las rocas se clasifican en:

- Masiva ( menos de 2 fracturas / metro )
- Levemente fracturada ( 2 a 5 fracturas / metro)
- Moderadamente fracturada ( 6 a 12 fracturas / metro)
- Muy fracturada (12 a 20 fracturas / metro).
- Intensamente fracturada (mas de 20 fracturas / metro).



Las condiciones de resistencia, consideran dos aspectos, la resistencia a romperse o indentarse con la picota y las condiciones de las paredes de las fracturas (si están abiertas, si son rugosas, lisas o estriadas, si tienen o no relleno de panizo).

De acuerdo a como se rompen o se indentan con la picota se clasifican en:

Muy Buena,	solo se astilla con golpes de picota.
Buena,	se rompe con más de tres golpes.
Regular,	se rompe con uno a tres golpes de picota.
Pobre,	se indenta superficialmente con la punta de la picota.
Muy Pobre,	se indenta profundamente con la punta de la picota.



**Pintado en la labor de la clasificación G.S.I.**

#### **4.2.2.1. Factores influyentes**

##### **1. Influencia de la condición hidrogeológica**

- Disminución de la resistencia del macizo rocoso, excepto en el caso de rocas masivas con muy buena resistencia.
- En rocas muy o intensamente fracturadas / pobres a muy pobres el efecto es inmediato por actuar como lubricante y lavado de material fino de relleno en fracturas acelerando el aflojamiento.
- Existe aumento de las presiones intersticiales sobre el sostenimiento que se coloque.
- Se debe mencionar la presencia de aguas debidas al relleno hidráulico, la composición del agua (ph) y la composición del relleno, porque afectan a los elementos de sostenimiento sobre todo si se trata de cimbras metálicas o pernos cementados.

##### **2. Influencia de esfuerzos**

- Se concentran en puentes, pilares y frentes de excavación al redistribuirse las presiones por efecto de las aberturas.
- Se deben a la profundidad a la que se encuentra la labor, también conocida como presión litostática, estructuras geológicas (pliegues), diques y arcillas expansivas.
- Son controlables con diseño de minado adecuado a las condiciones geomecánicas de la roca.
- Los esfuerzos inducidos por las continuas excavaciones y la cercanía de estas puede controlarse con un oportuno y correcto sostenimiento.

### **3. Influencia de Orientación de Discontinuidades**

- Son desfavorables las discontinuidades verticales y subverticales que se encuentren paralelas o subparalelas a las paredes de las excavaciones, porque forman chimeneas y el techo se eleva sin control, así como el pandeo de los estratos.
- Son desfavorables, las discontinuidades horizontales o subhorizontales, porque provocan caída de bloques y rotura por flexión.
- Este efecto se incrementa por las dimensiones de la labor (espacio libre), tipo de relleno de las discontinuidades y la presencia de agua y de los esfuerzos.
- El buzamiento de la estructura que con respecto a la sección de la labor.
- Dirección de la estratificación con respecto al eje de la labor.

### **4. Factores de excavación**

- Tamaño de la abertura, dimensionamiento de puentes y pilares, distribución de los taladros, potencia de los explosivos, relación el factor de carga con la clasificación geomecánica de la roca, cuidar los taladros de contorno para no afectar la roca circundante.
- Mejorar la calidad de la voladura, controlando las coronas dosificando la carga de explosivos en los contornos superiores y laterales de la labor.
- Uso del explosivo adecuado para evitar el maltrato de las cajas y corona de la labor y así evitar de colocar mayor sostenimiento.
- Colocación oportuna y correcta del sostenimiento para prever la influencia de la excavación de labores cercanas.
- Relajamiento de las labores por falta de seguimiento y control o negligencia al continuar labores sin el apoyo del mapeo geomecánico.

Esta clasificación ha sido modificada de acuerdo a las diferentes condiciones que se han ido presentando a lo largo de la implementación en Huarón, dado tanto por las dimensiones de las labores o por los tipos de éstas, temporales o permanentes.

#### **4.2.3. Diseño de sostenimiento en labores mineras subterráneas**

Considera los tres índices de clasificación geomecánica, relacionados mediante las funciones (1) y (2), su dimensión equivalente que es el resultado de dividir, el ancho o altura de la labor entre una constante cuyo valor depende del uso de la labor y se denomina

En esta tabla el E.S.R. en labores permanentes (rampas, cruceros, galerías) es 1.6, en labores verticales (chimeneas, pique, echaderos de mineral y desmonte) es de 2.0 y en labores de extracción (tajeos de corte y relleno, cámaras y pilares) es de 3.0.

Así mismo se incluye la longitud de pernos a ser tomada en cuenta de acuerdo a las dimensiones de la labor.

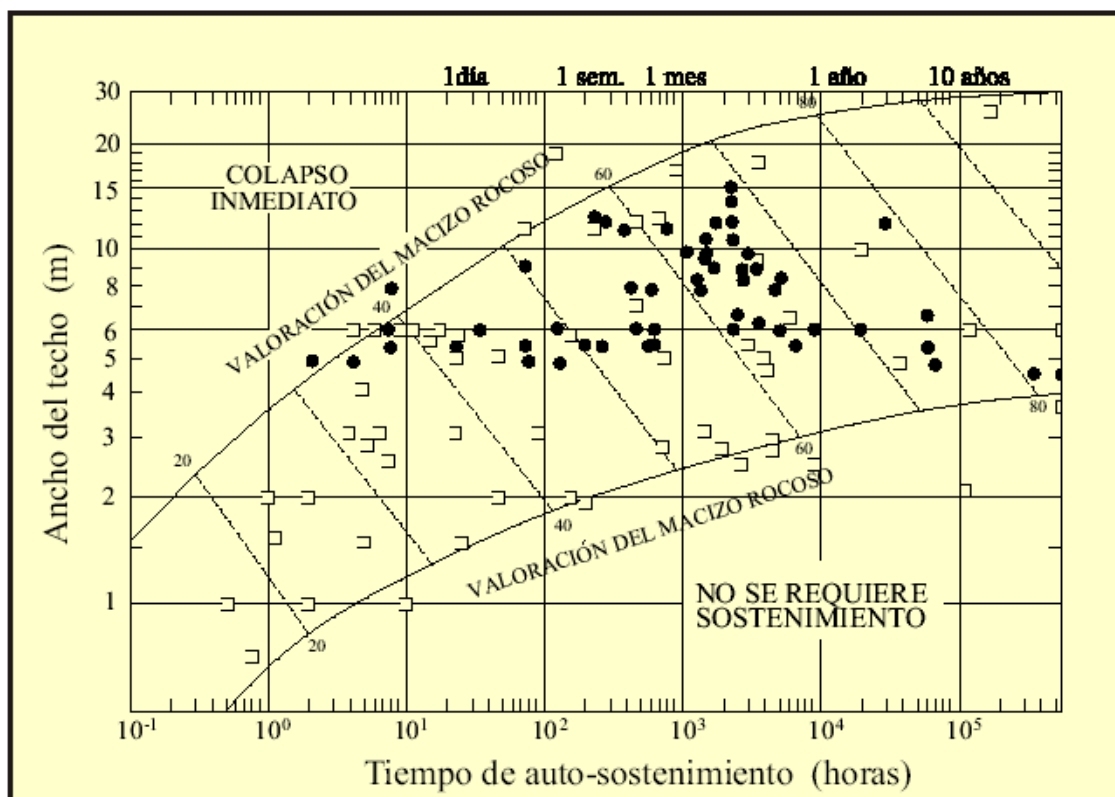
La tabla se basa en el diseño de sostenimiento de túneles según el método Noruego (NMT) y las experiencias obtenidas en las minas subterráneas del Perú, incluyéndose además el uso de la madera, la aplicación de la misma sirve de base para la elaboración de las tablas de sostenimiento de cada unidad minera, dependiendo de las condiciones geomecánicas y de minado de dicha unidad.

Una vez definido el soporte en base a la tabla mostrada, según su clasificación geomecánica y dimensión equivalente, se requiere de inmediato conocer el tiempo oportuno de su colocación, de manera que se pueda evitar el aflojamiento progresivo del macizo rocoso excavado y su desprendimiento posterior

La tabla mostrada a continuación corresponde a los tiempos de auto soporte, propuesta por Bieniawski (1979), se obtiene estos tiempos de acuerdo al intervalo de valores que tiene cada clasificación geomecánica, determinándose un tiempo mínimo y máximo en el cual se deberá colocar el soporte.

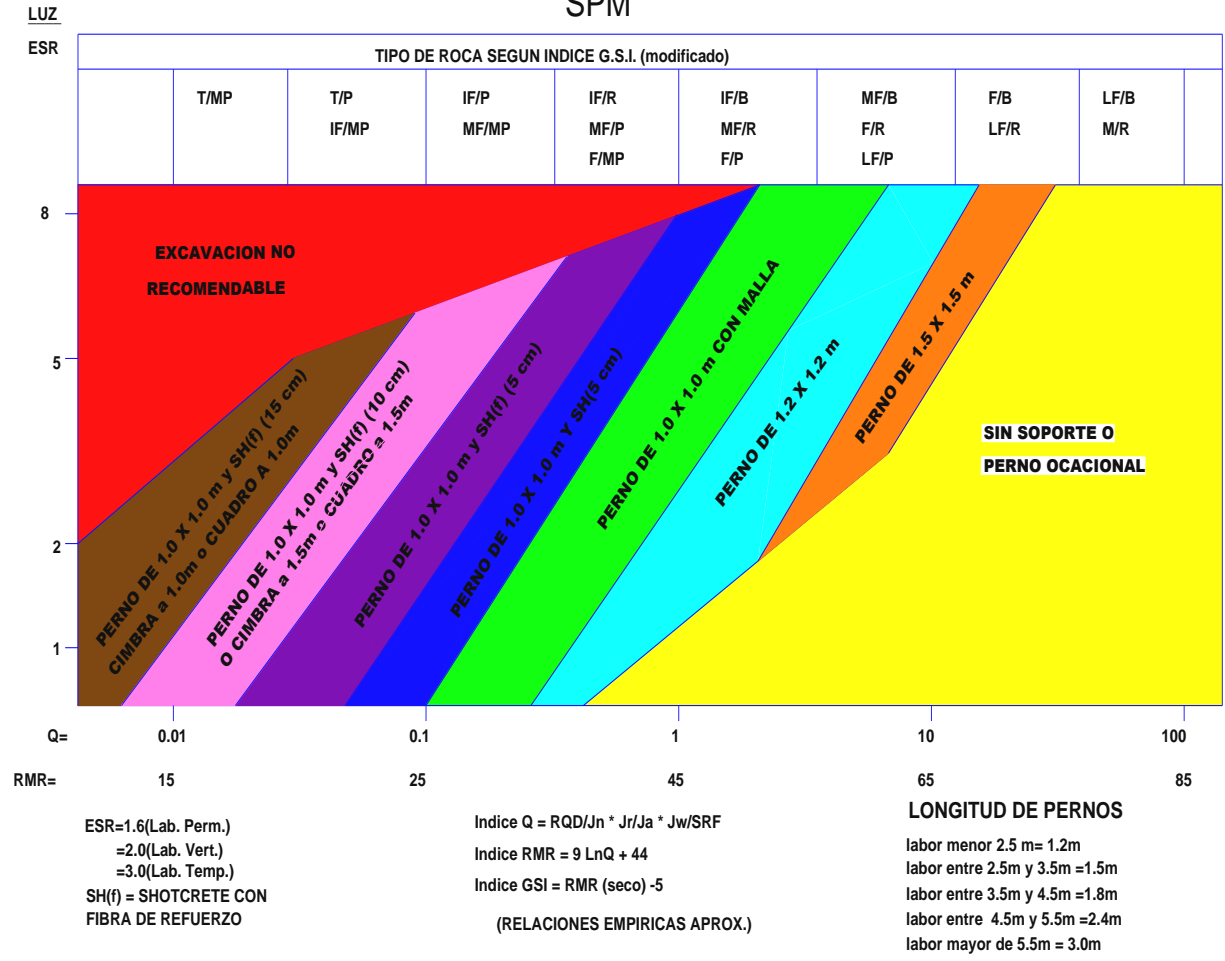
El tiempo promedio para cada tipo de roca, según la abertura, podrá definirse en forma específica en cada unidad minera, de acuerdo a la experiencia obtenida, capacidad instalada para colocar soporte y su logística, este tiempo promedio debe estar dentro del intervalo considerado en la tabla de tiempos de auto soporte.

En los casos de que un mismo tipo de clasificación geomecánica, presente dos alternativas de soporte, se podrá considerar un menor tiempo para el menor soporte y un mayor tiempo para el mayor soporte, dentro del intervalo de tiempo mencionado.



**Tabla de tiempo de auto soporte en función de la abertura de la labor y clasificación geomecánica según índices Q y RMR**

## DISEÑO DE SOSTENIMIENTO EN LABORES MINERAS SUBTERRANEAS SPM



### 4.3. TABLAS GEOMECANICAS DE G.S.I. MODIFICADO

Estas tablas han sido diseñadas de acuerdo al tipo de labor, sea de desarrollo o de explotación y tomando en cuenta la abertura de la labor.

Se han tomado colores para los diferentes tipos de roca y su soporte a colocar según la clasificación geomecánica, en lo referente a estructura se ha colocado el equivalente en RQD, se ha colocado junto con cada color el tipo de soporte a colocar y el tiempo de auto soporte. En las tablas se da la metodología de aplicación, y ésta con y sin factores influyentes.

Se definen únicamente seis tipos de soporte asociados con la clasificación geomecánica y con la abertura de las labores sean estas de explotación o desarrollo colocados en el tiempo indicado de la siguiente manera:

**Tabla 1**, para labores de desarrollo de 2.5m. a 3.5m. y labores de explotación de 2.5m. a 4.5m.

A = Sin soporte LF/B, LF/R, LF/P, F/B, F/R, MF/B, Tiempo de colocación de 5 años.

B = Pernos sistemáticos F/P, MF/R, espaciados 1.5x1.5m. , Tiempo de colocación de 1 mes.

C = Pernos sistemáticos F/MP, MF/P, IF/R, espaciados 1.2x1.2m. , Tiempo de colocación de 15 días.

D = Pernos sistemáticos MF/MP, IF/P, espaciados 1x1m. más malla o shotcrete de 5 cm., Tiempo de colocación de 5 días.

E = Pernos sistemáticos IF/MP, espaciados 1x1m. más shotcrete de 10 cm., Tiempo de colocación de 1 día.

F = Cimbras metálicas o cuadros de madera cada metro IF/MP con factores influyentes, Tiempo de colocación inmediato.

TABLA 1

COMPANIA MINERA HUARON S.A. SOSTENIMIENTO SEGUN G.S.I. (modificado) LABORES MINERAS DE DESARROLLO (2.5-3.5) LABORES DE EXPLOTACION (2.5-4.5)					
<b>A</b>	SIN SOPORTE - PERNO OCASIONAL TIEMPO DE COLOCACION 5 AÑOS	<b>CONDICIONES</b> BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA) SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS. (RC 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)	REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADO) DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADO DE OXIDACION, LIGERAMENTE ABIERTA. (RC 50 a 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)	POBRE (MUY RESIST. LEVE A MODER. AL TER.) DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (RC 25 A 50 MPa) (SE INDENTA SUPERFICIALEMENTE CON GOLPES DE PICOTA)	MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA) SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRATIFICACIONES. MUY ALTERADA RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA (RC 5 A 25 MPa) - (SE INDENTA MAS DE 5 mm.)
<b>B</b>	PERNO SISTEMATICO 1.50 x 1.50 m. (Malla o cinta ocasional) TIEMPO DE COLOCACION 1 MES				
<b>C</b>	PERNO SISTEMATICO 1.2 x 1.2 m. (Malla o cinta ocasional) TIEMPO DE COLOCACION 15 DIAS				
<b>D</b>	PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y SHOTCRETE 10.0 cm. con fibra. TIEMPO DE COLOCACION 5 DIAS				
<b>E</b>	PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y SHOTCRETE 10.0 cm. con fibra. TIEMPO DE COLOCACION 1 DIA				
<b>F</b>	CIMBRAS METALICAS O CUADROS DE MADERA ESPACIADOS CADA METRO TIEMPO DE COLOCACION INMEDIATO				
<b>ESTRUCTURA</b>					
	<b>LEVEMENTE FRACTURADO</b> TRES O MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI (ROD 75-90) (2 A 6 FRACTURAS POR METRO) (ROD = 115 - 3.3 Jn.)	(A) LF/B	(A) LF/R	(A) LF/P	—
	<b>MODERADAMENTE FRACTURADO</b> MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES (ROD 50 - 75) (6 A 12 FRACTURAS POR METRO)	(A) F/B	(A) F/R	(A) F/P	(C) F/MP
	<b>MUY FRACTURADO</b> MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (ROD 25-50) (12 A 20 FRACTURAS POR METRO)	(A) MF/B	(A) MF/R	(C) MF/P	(D) MF/MP
	<b>INTENSAMENTE FRACTURADO</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES (ROD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACTURAS POR METRO)	—	(C) IF/R	(D) IF/P	(E) IF/MP
		(D)	(E)	(F)	

**Metodología de aplicación**

**El desprendimiento de roca se evita colocando el soporte adecuado en el momento oportuno**

**Aplicación sin factores influyentes**

- Para la aplicación de esta tabla se determina in situ una vez lavadas las paredes y el techo de la labor a mapear, la cantidad de fracturas por metro lineal utilizando un flexómetro (parámetros de estructuras y la resistencia de la roca definida por la cantidad de golpes de picota con las que se rompe o se indenta la roca, o la condición de las fracturas (abertura, relleno y alteración) (parámetros de condiciones).
- Cada recuadro de calidad de roca presenta algunas subdivisiones aplicándose el sostenimiento designado en el recuadro superior cuando no se presentan factores influyentes, los mismos que son descritos en el párrafo siguiente.

**Correcciones por factores influyentes**

- La presencia de agua, orientaciones desfavorables de las discontinuidades, ocurrencia de esfuerzos (encampane mayor de 800m, labores cercanas o presencia y cercanía a fallas) y demoras en la colocación de soporte que afecten a un determinado tipo de roca en una labor, originará que el soporte asignado por su condición al momento de la excavación requiera ser reforzado, para lo cual se deberá colocar el siguiente soporte, tanto en elementos de soporte como en tiempos de colocación, debiendo considerarse una sola corrección.
- Ejemplo.- Rampa de 4.0x4.0m muy fracturada regular (MF/R), el soporte sin factores influyentes correspondería a pernos de 1.0x1.0m, con malla de refuerzo o shotcrete sin fibra de 0.05m (soporte tipo C) y el tiempo de colocación a 5 días. Con presencia de agua, orientación desfavorable de discontinuidades, aberturas cercanas o influencia de esfuerzos se deberá colocar soporte tipo D y su tiempo de colocación será de 1 día.

**Medidas preventivas y de control**

- La primera medida preventiva es el uso de "voladura controlada" en especial en las bóvedas, para lo cual, se deberá disminuir el espaciamiento de taladros a 0.5m y distribuir mejor su carga, así mismo, evitar concentraciones de vibraciones que originen micro fracturas en paredes, techo y frente de la labor.
- Ejecución de mapeo geomecánico de inmediato y colocación del soporte de acuerdo al tipo y tiempo recomendado en la tabla.
- Revisar y cumplir en forma estricta con el manual de procedimientos de colocación de los diferentes elementos de soporte que se apliquen
- Efectuar periódicamente ensayos de arranque en los pernos colocados, limpieza y reparación de mallas rellenadas con fragmentos, reemplazar los pernos mal colocados o sueltos y los tramos con shotcrete deteriorado.
- Capacitación permanente del personal de operaciones (Jefes de Guardia, Capataces, perforistas y ayudantes) en la aplicación de la tabla y colocación de sostenimiento.
- Compromiso de la Gerencia General y de operaciones con la aplicación correcta y oportuna de esta actividad.

**Formas de colocación terminantemente prohibidas**

- Iniciar la colocación de soporte sin haber desatado correctamente o asegurado el techo.
- Perforar para pernos y no colocarlos inmediatamente después de perforar el taladro
- Colocar pernos en las fracturas o muy inclinados o en zonas en que la picota se hunde profundamente, o en labores con anchos menores de 2.0 m
- Colocar el shotcrete sobre malla rellena de fragmentos de roca.
- Colocar shotcrete a una distancia mayor de 1.5 m con la superficie no limpiada con agua a presión (entre 3 y 5 bares).
- Colocar las cimbras sin apoyo en el piso, no verticales y sin asegurar previo techo asegurado, o varias cimbras a la vez.
- Reemplazar el uso de elementos de madera (cuadros, puntales, etc.), por soporte flexible, sin tener el conocimiento y la experiencia suficiente.

**CONDICIONES**

BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA)  
SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E INALTERADAS, CERRADAS. (RC 100 A 250 MPa)  
(SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)

REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADO)  
DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADO DE OXIDACION, LIGERAMENTE ABIERTA. (RC 50 a 100 MPa)  
(SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)

POBRE (MUY RESIST. LEVE A MODER. AL TER.)  
DISCONTINUIDADES LISAS, MODERADAMENTE ALTERADA, LIGERAMENTE ABIERTAS. (RC 25 A 50 MPa)  
(SE INDENTA SUPERFICIALEMENTE CON GOLPES DE PICOTA)

MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA)  
SUPERFICIE PULIDA O CON ESTRATIFICACIONES. MUY ALTERADA  
RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA (RC 5 A 25 MPa) - (SE INDENTA MAS DE 5 mm.)

**Tabla 2,** para labores de desarrollo de 3.5m. a 5m. y labores de explotación de 4.5m. a 7 m.

A = Sin soporte LF/B, LF/R, LF/P, Tiempo de colocación de 5 años.

B = Pernos sistemáticos LF/B, LF/R, LF/P, con factores influyentes, espaciados 1.5x1.5m. , Tiempo de colocación de 1 mes.

C = Pernos sistemáticos F/P, MF/R, espaciados 1.2x1.2m. , Tiempo de colocación de 15 días.

D = Pernos sistemáticos MF/P, IF/R, F/MP espaciados 1x1m. más malla o shotcrete de 5 cm., Tiempo de colocación de 5 días.

E = Pernos sistemáticos IF/P, MF/MP espaciados 1x1m. más shotcrete de 10 cm., Tiempo de colocación de 1 día.

F = Cimbras metálicas o cuadros de madera cada metro IF/MP, Tiempo de colocación inmediato.



TABLA 2

COMPANIA MINERA HUARON S.A. SOSTENIMIENTO SEGUN G.S.I. (modificado) LABORES MINERAS DE DESARROLLO (3.50-5.0) LABORES DE EXPLOTACION (4.5-7.0)					
<b>A</b>	SIN SOPORTE - PERNO OCASIONAL TIEMPO DE COLOCACION 5 AÑOS	<b>CONDICIONES</b>  <b>BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA)</b> SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E JUALTERADAS, CERRADAS. (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)	<b>REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADO)</b> DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADO, MANCHAS DE COLOCACION, LIGERAMENTE ABIERTA. (Rc 50 a 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)	<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)	<b>MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA)</b> 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.)
<b>B</b>	PERNO SISTEMATICO 1.50 x 1.50 m. (Malla o cinta ocasional) TIEMPO DE COLOCACION 1 MES				
<b>C</b>	PERNO SISTEMATICO 1.2 x 1.2 m. (Malla o cinta ocasional) TIEMPO DE COLOCACION 15 DIAS				
<b>D</b>	PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y Shotcrete 10.0 cm. con fibra (5 cm) TIEMPO DE COLOCACION 5 DIAS				
<b>E</b>	PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y SHOTCRETE 10.0 cm. con fibra. TIEMPO DE COLOCACION 1 DIA				
<b>F</b>	CIMBRAS METALICAS O CUADROS DE MADERA ESPACIADOS CADA METRO TIEMPO DE COLOCACION INMEDIATO				
<b>ESTRUCTURA</b>					
	<b>LEVEMENTE FRACTURADO</b> TRES O MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI (ROD 75-90) (2 A 6 FRACTURAS POR METRO) (ROD= 115 - 3.3 Jn.)	(A) LF/B	(A) LF/R	(A) LF/P	(B)
	<b>MODERADAMENTE FRACTURADO</b> MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA; BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES (ROD 50 - 75) (6 A 12 FRACTURAS POR METRO)	(A) F/B	(A) F/R	(C) F/P	(D) F/MP
	<b>MUY FRACTURADO</b> MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (ROD 25-50) (12 A 20 FRACTURAS POR METRO)	(A) MF/B	(C) MF/R	(D) MF/P	(E) MF/MP
	<b>INTENSAMENTE FRACTURADO</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES (ROD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACTURAS POR METRO)	(B)	(D) IF/R	(E) IF/P	(F) IF/MP

**Metodología de aplicación**

**El desprendimiento de roca se evita colocando el soporte adecuado en el momento oportuno**

**Aplicación sin factores influyentes**

- Para la aplicación de esta tabla se determina in situ una vez lavadas las paredes y el techo de la labor a mapear, la cantidad de fracturas por metro lineal utilizando un flexómetro (parámetros de estructuras y la resistencia de la roca definida por la cantidad de golpes de picota con las que se rompe o se indenta la roca, o la condición de las fracturas (abertura, relleno y alteración) (parámetros de condiciones).
- Cada recuadro de calidad de roca presenta algunas subdivisiones aplicándose el sostenimiento designado en el recuadro superior cuando no se presentan factores influyentes, los mismos que son descritos en el párrafo siguiente.

**Correcciones por factores influyentes**

- La presencia de agua, orientaciones desfavorables de las discontinuidades, ocurrencia de esfuerzos (encampane mayor de 800m, labores cercanas o presencia y cercanía a fallas) y demoras en la colocación de soporte que afecten a un determinado tipo de roca en una labor, originara que el soporte asignado por su condición al momento de la excavación requiera ser reforzado, para lo cual se deberá colocar el siguiente soporte, tanto en elementos de soporte como en tiempos de colocación, debiendo considerarse una sola corrección.
- Ejemplo.- Rampa de 4.0x4.0m muy fracturada regular (MF/R), el soporte sin factores influyentes correspondería a pernos de 1.0x1.0m, con malla de refuerzo o shotcrete sin fibra de 0.05m (soporte tipo C) y el tiempo de colocación a 5 días. Con presencia de agua, orientación desfavorable de discontinuidades, aberturas cercanas o influencia de esfuerzos se deberá colocar soporte tipo D y su tiempo de colocación será de 1 día.

**Medidas preventivas y de control**

- La primera medida preventiva es el uso de "voladura controlada" en especial en las bóvedas, para lo cual, se deberá disminuir el espaciamiento de taladros a 0.5m y distribuir mejor su carga, así mismo, evitar concentraciones de vibraciones que originen micro fracturas en paredes, techo y frente de la labor.
- Ejecución de mapeo geomecánico de inmediato y colocación del soporte de acuerdo al tipo y tiempo recomendado en la tabla.
- Revisar y cumplir en forma estricta con el manual de procedimientos de colocación de los diferentes elementos de soporte que se apliquen.
- Efectuar periódicamente ensayos de arranque en los pernos colocados, limpieza y reparación de mallas rellenas con fragmentos, reemplazar los pernos mal colocados o sueltos y los tramos con shotcrete deteriorado.
- Capacitación permanente del personal de operaciones (Jefes de Guardia, Capataces, perforistas y ayudantes) en la aplicación de la tabla y colocación de sostenimiento.
- Compromiso de la Gerencia General y de operaciones con la aplicación correcta y oportuna de esta actividad.

**Formas de colocación terminantemente prohibidas**

- Iniciar la colocación de soporte sin haber desatado correctamente o asegurado el techo.
- Perforar para pernos y no colocarlos inmediatamente después de perforar el taladro
- Colocar pernos en las fracturas o muy inclinados o en zonas en que la picota se hunde profundamente, o en labores con anchos menores de 2.0 m
- Colocar el shotcrete sobre malla rellena de fragmentos de roca.
- Colocar shotcrete a una distancia mayor de 1.5 m con la superficie no limpiada con agua a presión (entre 3 y 5 bares).
- Colocar las cimbras sin apoyo en el piso, no verticales y sin asegurar previo techo asegurado, o varias cimbras a la vez.
- Reemplazar el uso de elementos de madera (cuadros, puntales, etc.), por soporte flexible, sin tener el conocimiento y la experiencia suficiente.

**CONDICIONES**

**BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA)**  
SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RUGOSAS E JUALTERADAS, CERRADAS. (Rc 100 A 250 MPa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)

**REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADO)**  
DISCONTINUIDADES RUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADO, MANCHAS DE COLOCACION, LIGERAMENTE ABIERTA. (Rc 50 a 100 MPa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)

**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)

**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.)

**Tabla 3,** para labores de explotación mayores de 8 m.

A = Sin soporte LF/B, LF/R, LF/P, Tiempo de colocación de 6 meses.

B = Pernos sistemáticos LF/P, F/R, MF/B espaciados 1.5x1.5m. , Tiempo de colocación de 15 días.

C = Pernos sistemáticos F/P, MF/R, espaciados 1.2x1.2m. , Tiempo de colocación de 5 días.

D = Pernos sistemáticos MF/P, IF/R, F/MP, espaciados 1x1m. más malla o shotcrete de 5 cm., Tiempo de colocación de 1 día.

E = Pernos sistemáticos MF/P, IF/R, F/MP, con factores influyentes, espaciados 1x1m. más shotcrete de 10 cm., Tiempo de colocación de inmediato.

TABLA 3

<b>COMPANÍA MINERA HUARON S.A.</b> <b>SOSTENIMIENTO SEGUN G.S.I. (modificado)</b> <b>LABORES DE EXPLOTACION MAYORES DE 8.0 m.</b>						
<b>A</b> SIN SOPORTE - PERNO OCASIONAL TIEMPO DE COLOCACION 6 MESES (Malla o cinta ocasional)	<b>B</b> PERNO SISTEMATICO 1.50 x 1.50 m. TIEMPO DE COLOCACION 15 DIAS (Malla o cinta ocasional)	<b>C</b> PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. TIEMPO DE COLOCACION 5 DIAS (Malla o cinta ocasional)	<b>D</b> PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y SHOTCRETE 10.0 cm. con fibra (5 cm) TIEMPO DE COLOCACION 1 DIAS	<b>E</b> PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y SHOTCRETE 10.0 cm. con fibra. TIEMPO DE COLOCACION INMEDIATO		
<b>NOTAS:</b> LOS PERNOS DE ANCLAJE TENDRAN UNA LONGITUD MINIMA DE 3 cm SE APLICARA EN LA EXPLOTACION DE CUERPOS O MANTOS MINERALIZADOS						
<b>ESTRUCTURA</b>		<b>CONDICIONES</b>				
		<b>BUENA (MUY RESISTENTE, FRESCA)</b> SUPERFICIE DE LAS DISCONTINUIDADES MUY RIUGOSAS E INHETEROGENAS, CERRADAS, (Rc 100 a 350 Mpa) (SE ROMPE CON VARIOS GOLPES DE PICOTA)				
		<b>REGULAR (RESISTENTE, LEVEMENTE ALTERADO)</b> DISCONTINUIDADES RIUGOSAS, LEVEMENTE ALTERADO, MANCHAS DE OXIDACION, LIGERAMENTE ABIERTA. (Rc 50 a 100 Mpa) (SE ROMPE CON UNO O DOS GOLPES DE PICOTA)				
		<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)				
		<b>MUY POBRE (BLANDA, MUY ALTERADA)</b> SUPERFICIE LIZADA O CON ESTRATIFICACIONES, MUY ALTERADA, RELLENO COMPACTO O CON FRAGMENTOS DE ROCA (Rc 5 A 25 Mpa) - (SE INDENTA MAS DE 5 mm.)				
<b>LEVEMENTE FRACTURADO</b> TRES O MENOS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES MUY ESPACIADAS ENTRE SI (ROD 75-90) (2 A 6 FRACTURAS POR METRO) (ROD= 115 - 3.3 Jn.)		(A)	(A)	(B)		
<b>MODERADAMENTE FRACTURADO</b> MUY BIEN TRABADA, NO DISTURBADA, BLOQUES CUBICOS FORMADOS POR TRES SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES ORTOGONALES (ROD 50 - 75) (6 A 12 FRACTURAS POR METRO)		(A)	(B)	(C)	(D)	
<b>MUY FRACTURADO</b> MODERADAMENTE TRABADA, PARCIALMENTE DISTURBADA, BLOQUES ANGULOSOS FORMADOS POR CUATRO O MAS SISTEMAS DE DISCONTINUIDADES (ROD 25-50) (12 A 20 FRACTURAS POR METRO)		(B)	(C)	(D)	(E)	NO RECOMENDABLE
<b>INTENSAMENTE FRACTURADO</b> PLEGAMIENTO Y FALLAMIENTO CON MUCHAS DISCONTINUIDADES INTERCEPTADAS FORMANDO BLOQUES ANGULOSOS O IRREGULARES (ROD 0 - 25) (MAS DE 20 FRACTURAS POR METRO)		(C)	(D)	(E)	NO RECOMENDABLE	NO RECOMENDABLE
		<b>Metodología de aplicación</b>				
		<b>El desprendimiento de roca se evita colocando el soporte adecuado en el momento oportuno</b>				
		<b>Aplicación sin factores influyentes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Para la aplicación de esta tabla se determina in situ una vez lavadas las paredes y el techo de la labor a mapear, la cantidad de fracturas por metro lineal utilizando un flexómetro (parámetros de estructuras y la resistencia de la roca definida por la cantidad de golpes de picota con las que se rompe o se indenta la roca, o la condición de las fracturas (abertura, relleno y alteración) (parámetros de condiciones).</li> <li>Cada cuadrado de calidad de roca presenta algunas subdivisiones aplicándose el sostenimiento designado en el recuadro superior cuando no se presentan factores influyentes, los mismos que son descritos en el párrafo siguiente.</li> </ul>				
		<b>Correcciones por factores influyentes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>La presencia de agua, orientaciones desfavorables de las discontinuidades, ocurrencia de esfuerzos (encampane mayor de 800m, labores cercanas o presencia y cercanía a fallas) y demoras en la colocación de soporte que afecten a un determinado tipo de roca en una labor, originara que el soporte asignado por su condición al momento de la excavación requiera ser reforzado, para lo cual se deberá colocar el siguiente soporte, tanto en elementos de soporte como en tiempos de colocación, debiendo considerarse una sola corrección.</li> <li>Ejemplo.- Rampa de 4.0x4.0m muy fracturada regular (MF/R), el soporte sin factores influyentes correspondería a pernos de 1.0x1.0m, con malla de refuerzo o shotcrete sin fibra de 0.05m (soporte tipo C) y el tiempo de colocación a 5 días. Con presencia de agua, orientación desfavorable de discontinuidades, aberturas cercanas o influencia de esfuerzos se deberá colocar soporte tipo D y su tiempo de colocación será de 1 día.</li> </ul>				
		<b>Medidas preventivas y de control</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>La primera medida preventiva es el uso de "voladura controlada" en especial en las bóvedas, para lo cual, se deberá disminuir el espaciamiento de taladros a 0.5m y distribuir mejor su carga, así mismo, evitar concentraciones de vibraciones que originen micro fracturas en paredes, techo y frente de la labor.</li> <li>Ejecución de mapeo geomecánico de inmediato y colocación del soporte de acuerdo al tipo y tiempo recomendado en la tabla.</li> <li>Revisar y cumplir en forma estricta con el manual de procedimientos de colocación de los diferentes elementos de soporte que se apliquen</li> <li>Efectuar periódicamente ensayos de arranque en los pernos colocados, limpieza y reparación de mallas rellenadas con fragmentos, reemplazar los pernos mal colocados o sueltos y los tramos con shotcrete deteriorado.</li> <li>Capacitación permanente del personal de operaciones (Jefes de Guardia, Capataces, perforistas y ayudantes) en la aplicación de la tabla y colocación de sostenimiento.</li> <li>Compromiso de la Gerencia General y de operaciones con la aplicación correcta y oportuna de esta actividad.</li> </ul>				
		<b>Formas de colocación terminantemente prohibidas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Iniciar la colocación de soporte sin haber desatado correctamente o asegurado el techo.</li> <li>Perforar para pernos y no colocarlos inmediatamente después de perforar el taladro</li> <li>Colocar pernos en las fracturas o muy inclinados o en zonas en que la picota se hunde profundamente, o en labores con anchos menores de 2.0 m</li> <li>Colocar el shotcrete sobre malla rellena de fragmentos de roca.</li> <li>Colocar shotcrete a una distancia mayor de 1.5 m con la superficie no limpiada con agua a presión (entre 3 y 5 bares).</li> <li>Colocar las cimbras sin apoyo en el piso, no verticales y sin asegurar previo techo asegurado, o varias cimbras a la vez.</li> <li>Reemplazar el uso de elementos de madera (cuadros, puntales, etc.), por soporte flexible, sin tener el conocimiento y la experiencia suficiente.</li> </ul>				

#### 4.4. MAPEO GEOMECANICO

El mapeo se realiza de todas las labores, tanto de las de avance como las de explotación, distinguiendo en éstas las de realce de las que están en breasting. Para las labores en breasting como para las labores de avance se establece el mapeo por cada guardia luego del disparo, para lo cual se tiene un formato de reporte diario de geomecánica el cual es realizado por el líder de la labor, supervisado por el capataz o jefe de guardia .El plano geomecánico es actualizado semanalmente con la información recabada de los reportes diarios. En las labores de explotación en las que se realiza realce, se mapea luego de cada corte y así se actualiza el plano geomecánico de la labor.

#### **4.4.1. PROCEDIMIENTO PARA EL MAPEO GEOMECANICO**

Mediante este procedimiento se determinan de forma práctica y rápida el tipo de roca y el sostenimiento adecuado, esto se realiza mediante el uso de las tablas geomecánicas.

1. Lavar la roca, para identificar las fracturas y diferenciarlas de las fisuras producidas por la voladura.
2. Elección de la tabla geomecánica de acuerdo al tipo de labor (Desarrollo o explotación) y la dimensión del área donde se realizará el mapeo geomecánico
3. Medir 1 metro lineal en la zona donde se presentan la mayor cantidad de fracturas y contar todas las que pasan por el metro medido, se consideran todas las fracturas mayores a 1 metro, buscar en la tabla geomecánica la cantidad de fracturas, donde dice "ESTRUCTURAS".
4. Realizar la prueba de resistencia de la roca mediante el golpe de picota, golpear en las zonas más débiles de la roca, hacerlo en las aristas o esquinas y de acuerdo si se rompe o indenta se busca en la tabla geomecánica en la parte de "CONDICIONES", luego se conoce el tipo de roca evaluada.
5. Interceptar la fila con la columna de la matriz, nos indicará la clasificación geomecánica de la labor, así como el tipo de sostenimiento a colocar.
6. Verificar el tiempo de colocación del sostenimiento o auto soporte.

#### **4.4.2. REPORTE DIARIO DE GEOMECANICA**

Este reporte se realiza luego de cada disparo en labores de perforación horizontal tales como frente de desarrollo o en labores de explotación en las cuales las condiciones geomecánicas de la roca no permite el realce.



## REPORTE DIARIO DE GEOMECANICA

LABOR:		FECHA :		GUARDIA	
AVANCE		AVANCE TOTAL		SECCION	
ENCARGADOS :					

### CALIDAD DE ROCA

<b>PARED DERECHA:</b>	FRACTURAS /ml	
	CONDICION DE FRACTURAS	
	RESISTENCIA CON LA PICOTA	
	CLASIFICACION G.S.I.	
<b>TECHO:</b>	FRACTURAS /ml	
	CONDICION DE FRACTURAS	
	RESISTENCIA CON LA PICOTA	
	CLASIFICACION G.S.I.	
<b>PARED IZQUIERDA</b>	FRACTURAS /ml	
	CONDICION DE FRACTURAS	
	RESISTENCIA CON LA PICOTA	
	CLASIFICACION G.S.I.	

### FACTORES INFLUYENTES

PARED DERECHA	
TECHO	
PARED IZQUIERDA	

### SOSTENIMIENTO Y TIEMPO DE COLOCACION (INCLUYE FECHA)

PARED DERECHA	
TECHO	
PARED IZQUIERDA	

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ENCARGADO - EE IESA

REVISADO -  
CHM

## **CAPITULO V**

### **5. TIPOS DE SOPORTE UTILIZADOS EN HUARÓN**

#### **5.1. Concreto lanzado o Shotcrete**

Ésta se define como una mezcla de componentes "pre-confeccionada" , la cual aporta una resistencia determinada para el control de los esfuerzos impartidos por el macizo rocoso, los componentes básicos para conformar este elemento de sostenimiento son: agregados, cemento, acelerantes, agua y fibras de acero o sintéticas.

La adición de más insumos a la mezcla estará en función al tipo de vía de lanzado por la cual se proyectará el concreto a las zonas a estabilizar.

#### **Procedimiento**

Para la aplicación del concreto lanzado primero se deberá desatar para eliminar los bloques sueltos que puedan desprenderse.

El concreto lanzado está constituido principalmente por una mezcla de cemento, aditivo acelerante y agregados en las proporciones que se indican en el siguiente cuadro; pudiendo emplearse la técnica del concreto lanzado húmedo o seco.

En la colocación luego del desatado efectivo para evitar el concreto lanzado falso que se produce al aplicarlo sobre rocas sueltas; luego del desatado debe limpiarse la superficie de roca con una mezcla de agua-aire a presión 5 bares para quitar todo residuo de polvo que impedirá la buena adherencia del concreto. La distancia óptima entre la boquilla y la superficie de roca que se desea recubrir es de 1 a 1.2 m. a otra distancia se incrementará el rebote. La boquilla deberá estar en dirección perpendicular o radial a la superficie que se desea recubrir y deberá tener un movimiento ligeramente circular.

El curado del concreto lanzado deberá comenzar a las pocas horas de haberse instalado y se debe mantener abundante riego de agua por lo menos durante 10 días.

Se deben instalar calibradores del espesor del concreto lanzado con una densidad de 2 por m<sup>2</sup>.

El concreto lanzado deberá alcanzar luego de 3 días una resistencia a la compresión uniaxial mínima de 10 Mpa y a los 7 días una resistencia mínima de 20 Mpa y una resistencia mínima de 30 Mpa a los 28 días.



**Shotcrete colocado en labor del Nv. 500**

### **Mezcla típica para concreto lanzado**

Componentes	Shotcrete Seco		Shotcrete Húmedo	
	kg/m <sup>3</sup>	%	kg/m <sup>3</sup>	%
Cemento	420	18.5	460	18.6
Aditivo	42	1.9	42	1.7
Agregado	1735	76.4	1735	70.3
Fibra de acero	59	2.6	59	2.4
Acelerante	13	0.6	13	0.5
Súper plastificante			Requerido	
Agua	Control de salida		160	6.5
Total	2,269	100	2469	100

## **5.2. Arcos de acero o Cimbras**

Estos son los elementos de sostenimiento más eficientes para el control de los problemas severos de inestabilidad, éstos son construidos de vigas de acero, las cuales pueden tener diversas formas de sección transversal, siendo la más común la de tipo "H".

Este tipo de soporte es necesario en condiciones geomecánicas de roca muy mala- tipo IV ó V, IF/P o IF/MP, en la cual los elementos de sostenimiento como pernos, shotcrete o mallas ya no brindan la función e soporte.

### **Procedimiento**

Los arcos de acero deben ser instalados lo más cerca posible del frente de excavación de la labor minera a sostener, de esta forma se llenan los espacios vacíos mediante la aplicación de bolsas de concreto (mezcla pobre-bolsacreto) o el encribado con puntales de madera.

Estos arcos por su base deben de estar empatillados con una zapata de 40 cm. Como mínimo y si el terreno es muy malo colocarle zapatas de concreto, el encostillado o forrado de los espacios vacíos dejados entre cimbras debe hacerse con planchas metálicas que serán como paños que cubrirán los mencionados vacíos , éstas planchas deberán tener una cobertura de pintura epóxica de estar en zona de mucha presencia de agua .Cada cimbra deberá ir anclada con cáncamos de fierro a las paredes de la excavación para garantizar su estabilidad ante los disparos que se hagan al reanudar la voladura de la labor.



**Cimbras de 3x3 m. Nv. 500 - Norte**



**Bases con dados de cemento para mejor anclaje de las cimbras.**





**Cimbras donde se aprecian los anclajes a los haspiales**

### 5.3. Pernos Split-set.

Son pernos de acero ranurado que es introducido a presión y trabajan por fricción en las paredes del taladro; se acomodan a las deformaciones iniciales de la roca, pero son muy sensibles al diámetro del taladro y a sus irregularidades. Su capacidad de soporte es de 1.0 Ton / pie de longitud del perno, recomendable para rocas de clase MF / B, F / R, MF / R y F / P.



**Split set de 6 pies colocados en el R-380, Zona Norte**

### 5.4. Pernos Cementados

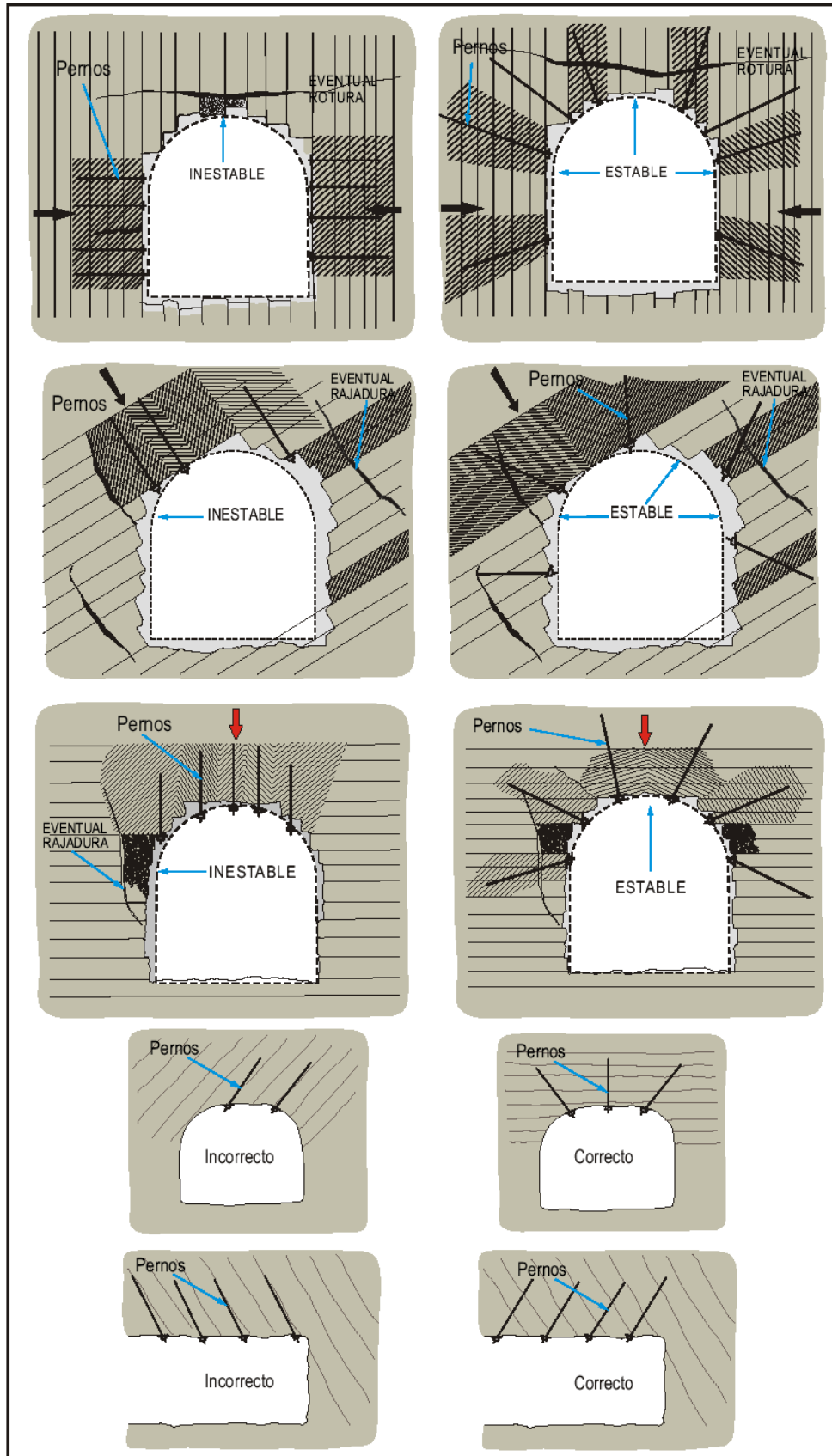
Son pernos consistentes en varillas de fierro corrugado, asegurados a la roca con resina o inyección de cemento; son muy dependientes de la forma del taladro y se requiere que estén completamente llenados para que se comporten adecuadamente, especialmente en rampas cuya vida útil es mayor de 5 años, se considera un soporte permanente y se coloca en cualquier tipo de roca con un RQD > 25 y una resistencia a la compresión ( $\sigma_c > 25$  Mpa).



**Perno cementado con cem-bolt colocado en una cara de un plano de fracturamiento.**



**Cartuchos de cem-bolt y master-bond**



**Gráfico en se muestra el direccionamiento de los pernos de sostenimiento.**

### 5.4.1. Procedimientos de Colocación de Pernos

El uso de los pernos será para asegurar individualmente bloques definidos en labores de roca de buena calidad o sistemáticos en rocas regulares o malas, para generar el "Efecto arco" en toda la sección, "Efecto viga" en el techo y "Efecto columna" en paredes o pilares.

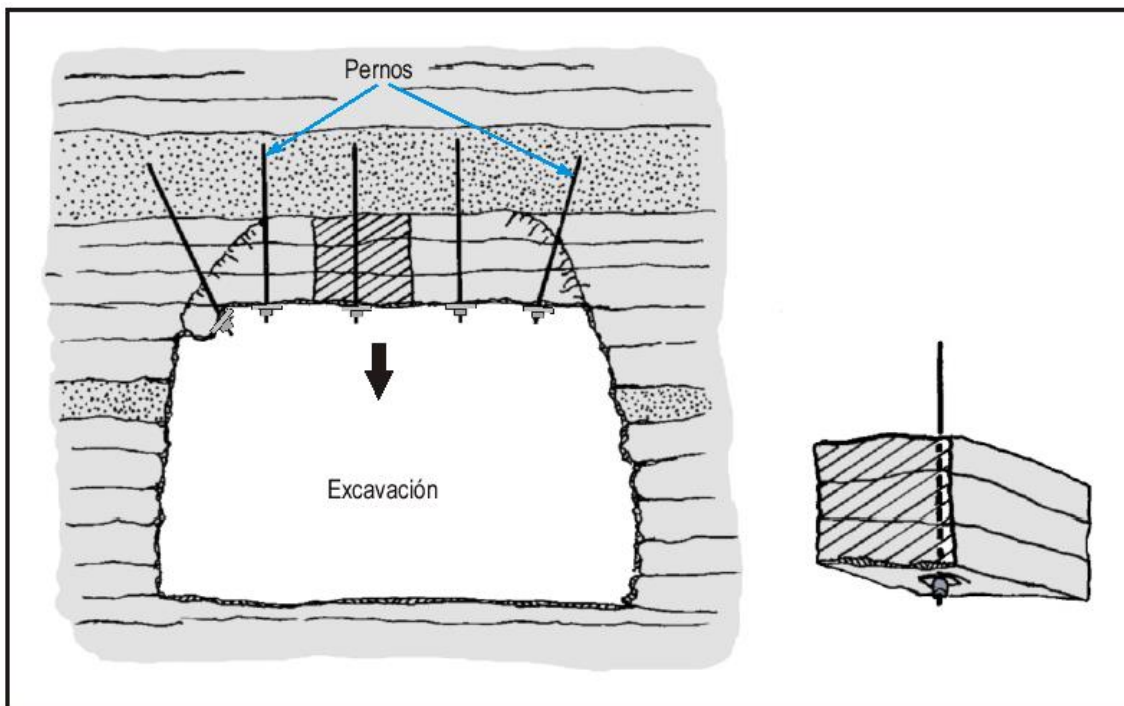
En los pernos sistemáticos se controlará la distribución, forma de colocación y orientación con respecto a las paredes y techo de la sección; perno mal orientado, no será aprobado.

Los diámetros de perforación serán controlados y los pernos colocados con brocas de mayor diámetro, no serán aprobados.

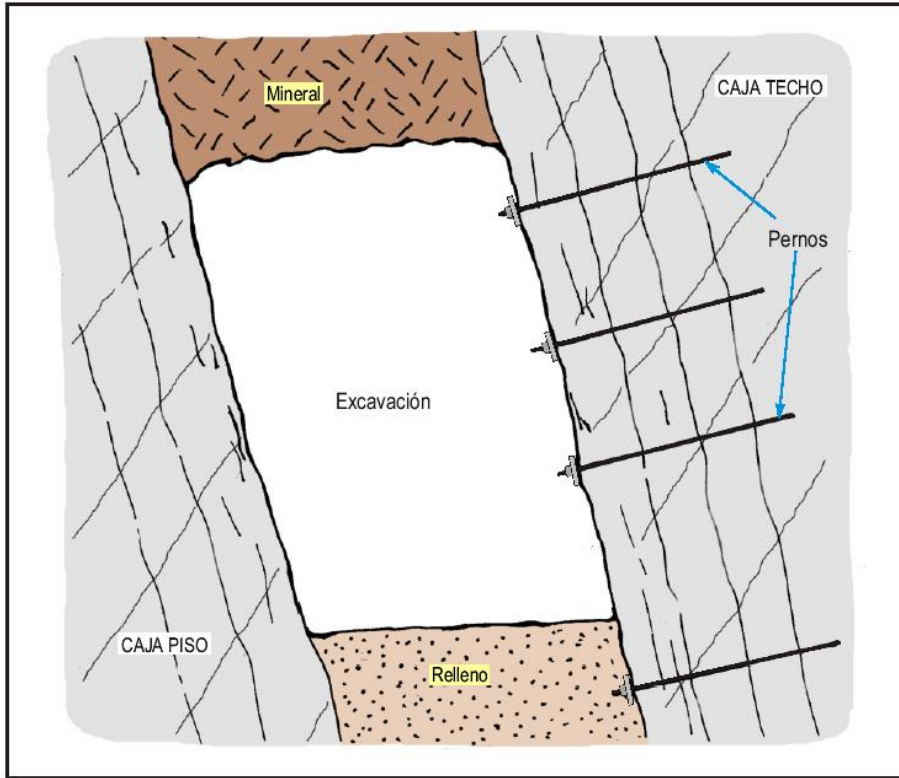
Los pernos deben estar íntegramente en el taladro y las platinas pegadas debidamente a la roca; platinas sueltas significarán la no aprobación del perno.

Se harán pruebas de arranque, en todos los pernos colocados, de acuerdo a las siguientes presiones:

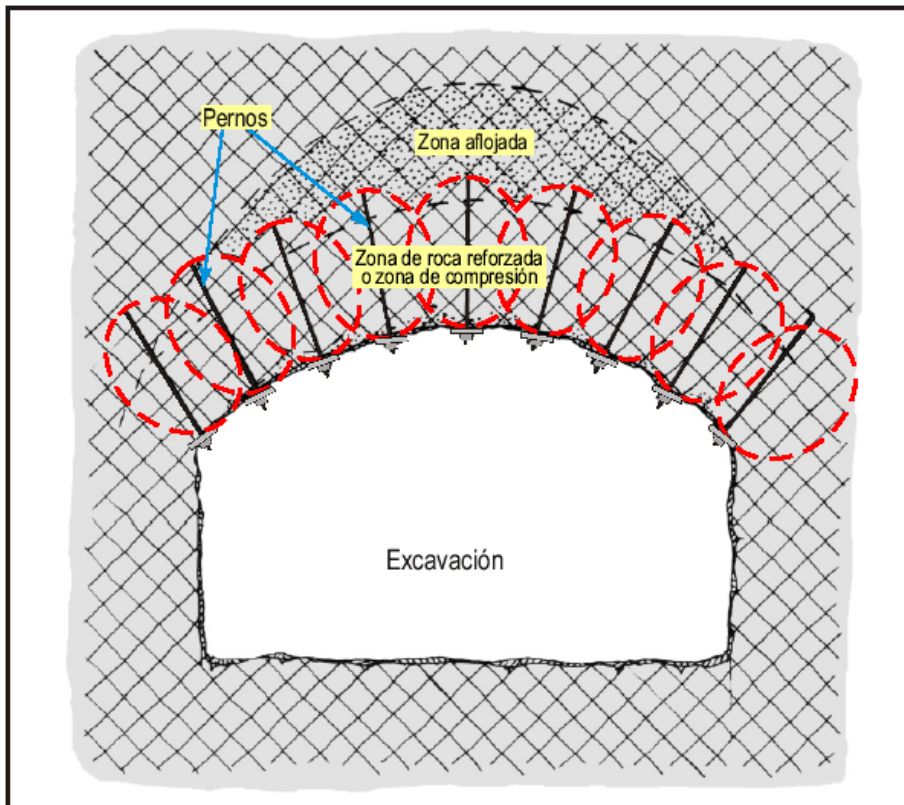
Pernos split-set	mínimo	(6' = 6Ton. y 8' = 8Ton.)
Pernos cementados	mínimo	(6' = 12Ton y 8' = 16 Ton)



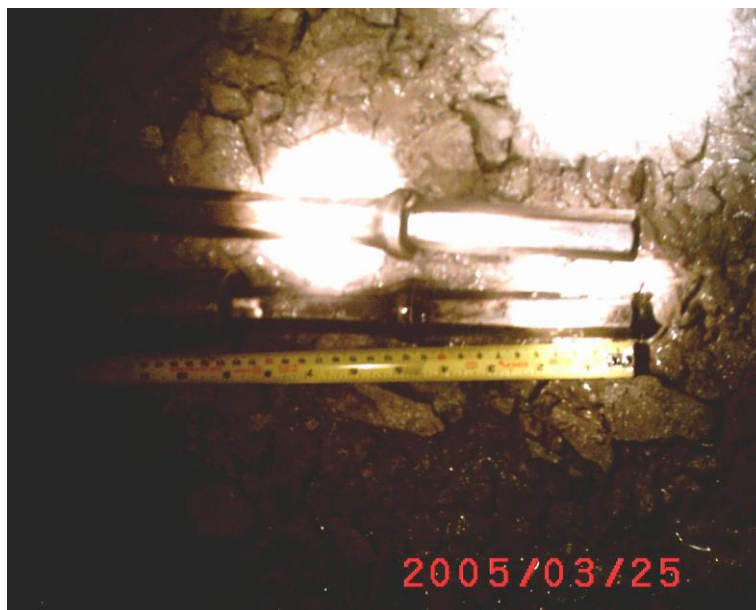
**Efecto viga**



**Efecto columna**



**Efecto arco realizado por la influencia de los pernos**



**Adaptador para perno helicoidal**

### **5.5. Malla Electro soldada**

Se utiliza para evitar la caída de fragmentos en el área sin influencia de los pernos; en Huarón utilizamos, de fierro electro soldado que presenta mayor rigidez, o de fierro corrugado de 1/4". La abertura de la malla corresponde al tamaño de los fragmentos que se requiera confinar, de abertura 10.0cm. X 10.0 cm.

#### **Procedimiento.**

Desatado de todo bloque suelto en el área de la malla a colocar, de acuerdo a las dimensiones de esta.

Pintado del reticulado por parte de la supervisión para que el espaciamiento sea el más preciso posible y exista un traslape mínimo de 20 cm. Entre mallas.

Presentación y aseguramiento inicial de la malla mediante gatas neumáticas, anclándolas de forma definitiva con pernos sistemáticos espaciados según mapeo.

Acomodamiento o moldeamiento a la forma de la superficie mediante ganchos de fierro corrugado de 1/2" u horquillas colocados en taladros de 0.5 m. de longitud, para lo cual, deberá hacerse cortes en la malla si es necesario.

Debe evitarse en lo posible superficies con la malla muy suelta, especialmente cuando se contempla la aplicación del shotcrete sobre la misma.

Los traslapes entre mallas serán mínimo de 20.0 cm., y deben estar asegurados con los pernos de anclaje.

Deben eliminarse los empalmes horizontales de la malla metálica, en el tercio inferior de los hastiales de la excavación; en cualquier caso estos traslapes deberán efectuarse a una altura mínima de 2.50 m. respecto al nivel del piso.

En los casos de roca muy fracturada o para mejor control de bloques sueltos o losas inestables, se utilizará las cintas metálicas o straps en combinación con los pernos de anclaje en sustitución de las mallas. Estas serán colocadas y distribuidas cosiendo las fracturas en forma perpendicular o sub perpendicular; si hubiera sistemas de fracturas ortogonales entre sí, las cintas se colocarán en reticulados.

Otro elemento para reforzar el sostenimiento con perno de anclaje es la cinta metálica o straps o platina, (Ver foto) que se utiliza para amarrar bloques de rocas fracturadas o mejorar el aseguramiento de las mallas con los pernos.



**Pernos cementados sistemáticos, se aprecia el traslape correcto.**





**Cinta metálica o strap trabajando en zona de veta IF/MP, RP-990**



**Malla electro soldada sujeta con pernos cementados Ga-34 Satélite**



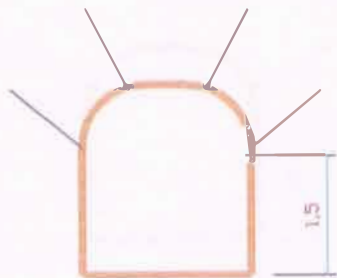
**Malla electro soldada en tajo, sujeta con split set – R-380 Zona Norte**



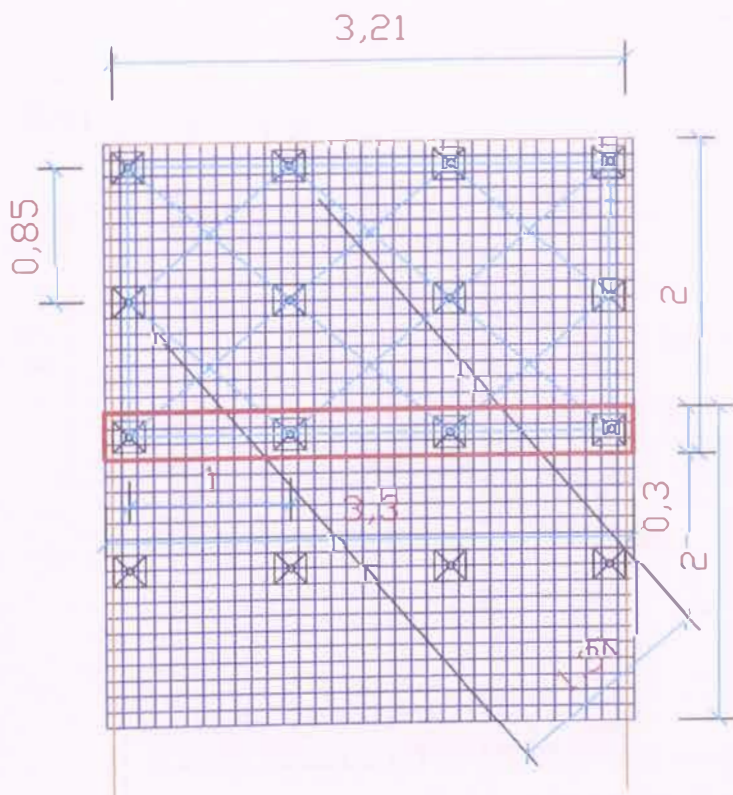
**Cintas metálicas sirviendo como base para guarda cabezas en galería  
Ga – 844**

**DISEÑO DE MALLA DE SOSTENIMIENTO SEGÚN LA SECCION Y EL  
ESPACIAMIENTO**

SOST SIST. 1.0X1.0  
Y MALLA ELECTROSOLDADA  
PERNOS DE 6 PIES  
SCCION 2.10 X 2.4

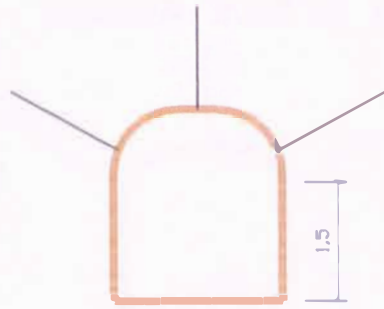


ESCALA : 1/100

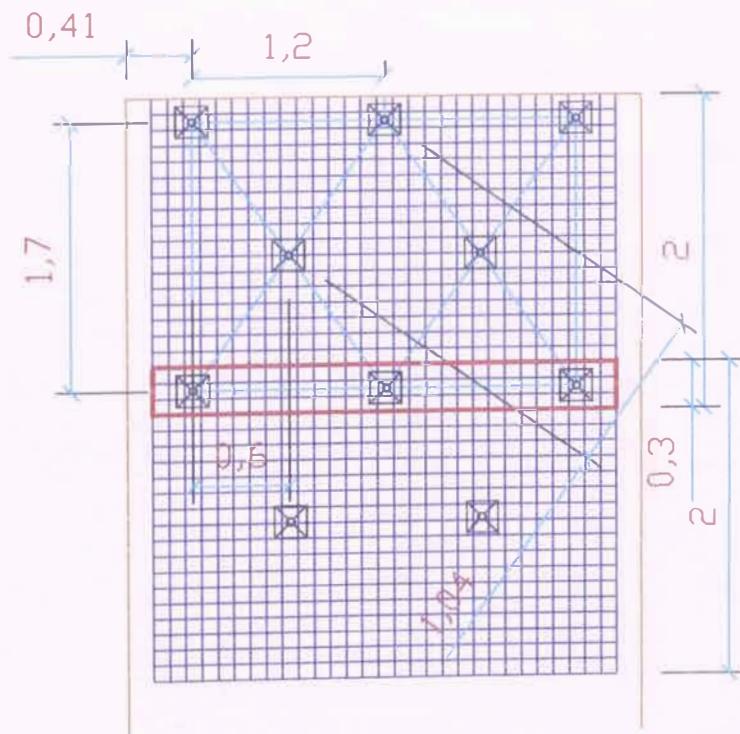


ESCALA : 1/50

*SOST SIST. 1.2X1.2  
Y MALLA ELECTROSOLDADA  
PERNOS DE 6 PIES  
SCCION 2.10 X 2.4*

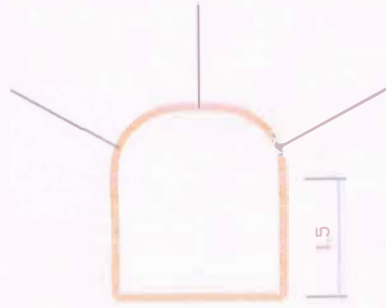


*ESCALA : 1/100*

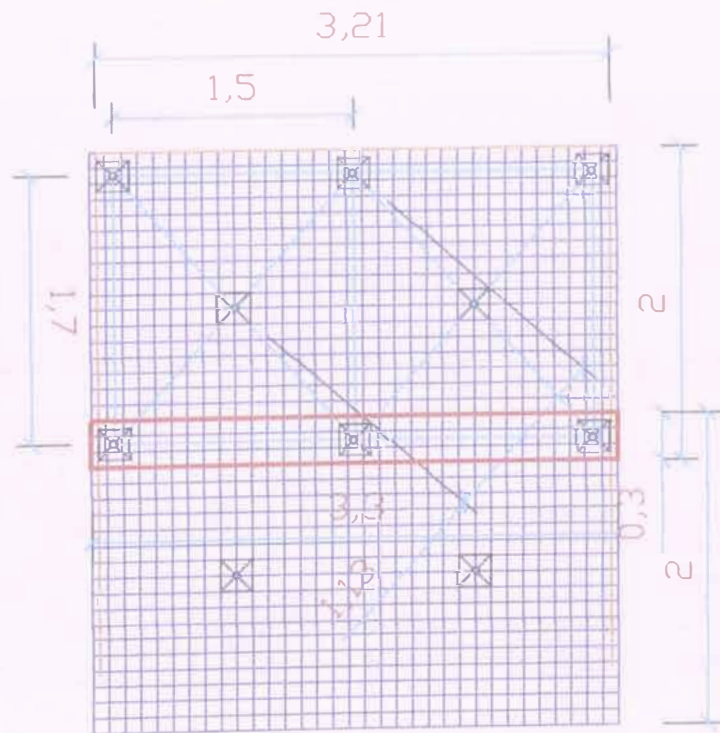


*ESCALA : 1/50*

SOST SIST. 1.5X1.5  
Y MALLA ELECTROSOLDADA  
PERNOS DE 6 PIES  
SCCION 2.10 X 2.4

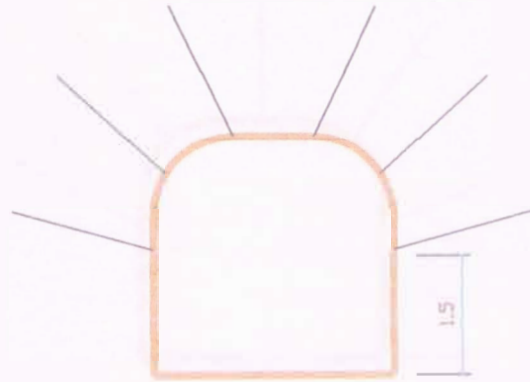


ESCALA : 1/100

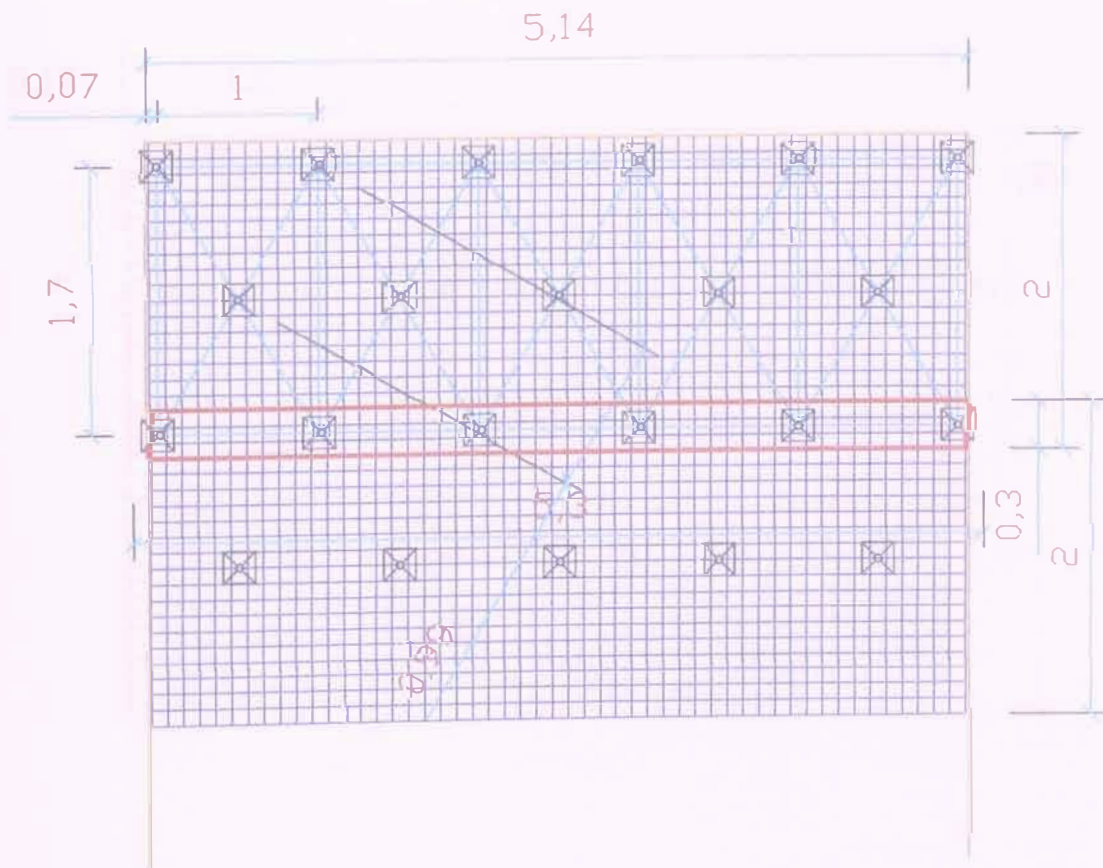


ESCALA : 1/50

SOST SIST. 1.0X1.0  
Y MALLA ELECTROSOLDADA  
PERNOS DE 6 PIES  
SECCION 3X3

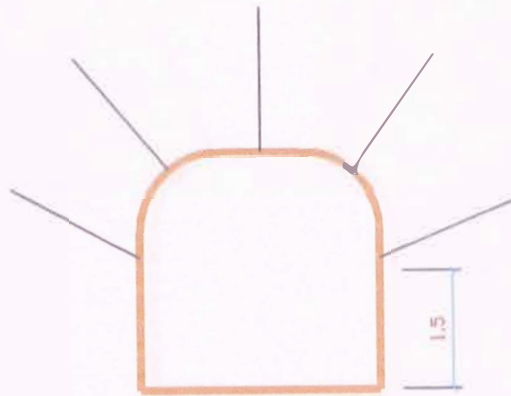


ESCALA : 1/100

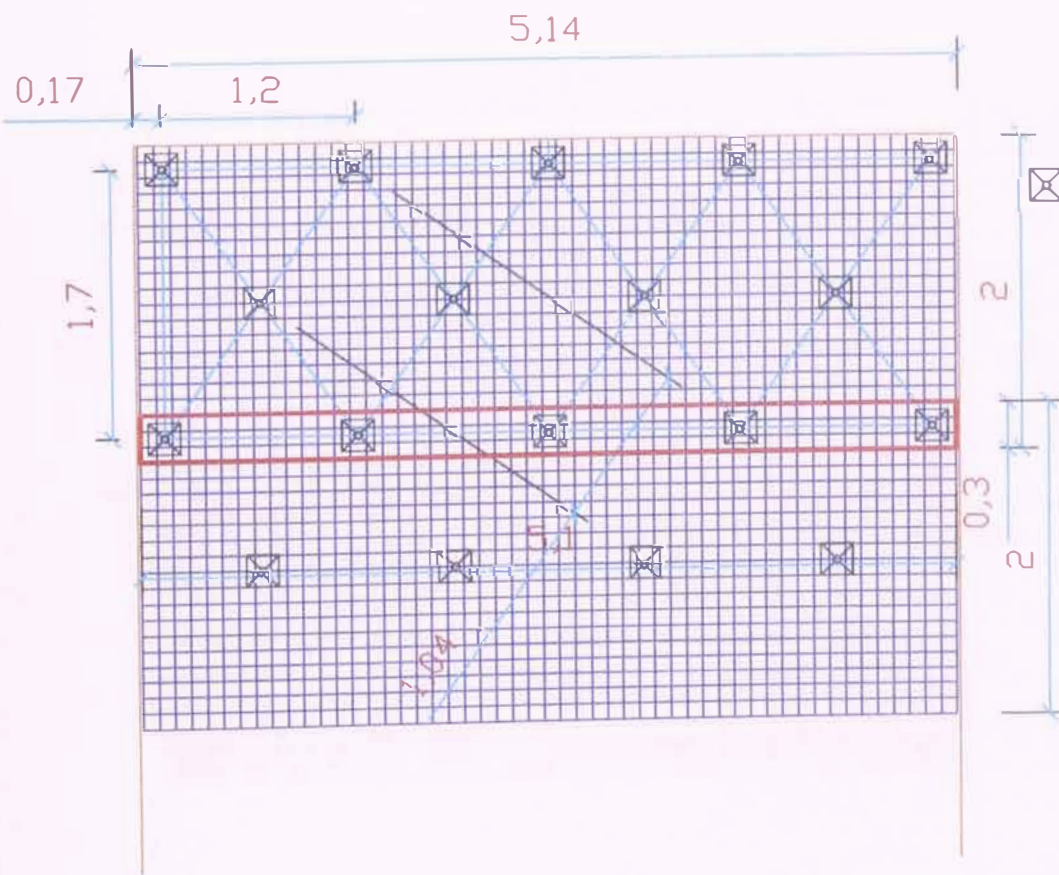


ESCALA : 1/50

SOST SIST. 1.2X1.2  
Y MALLA ELECTROSOLDADA  
PERNOS DE 6 PIES  
SECCION 3X3



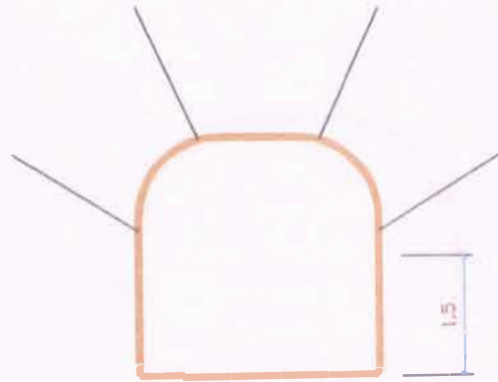
ESCALA : 1/100



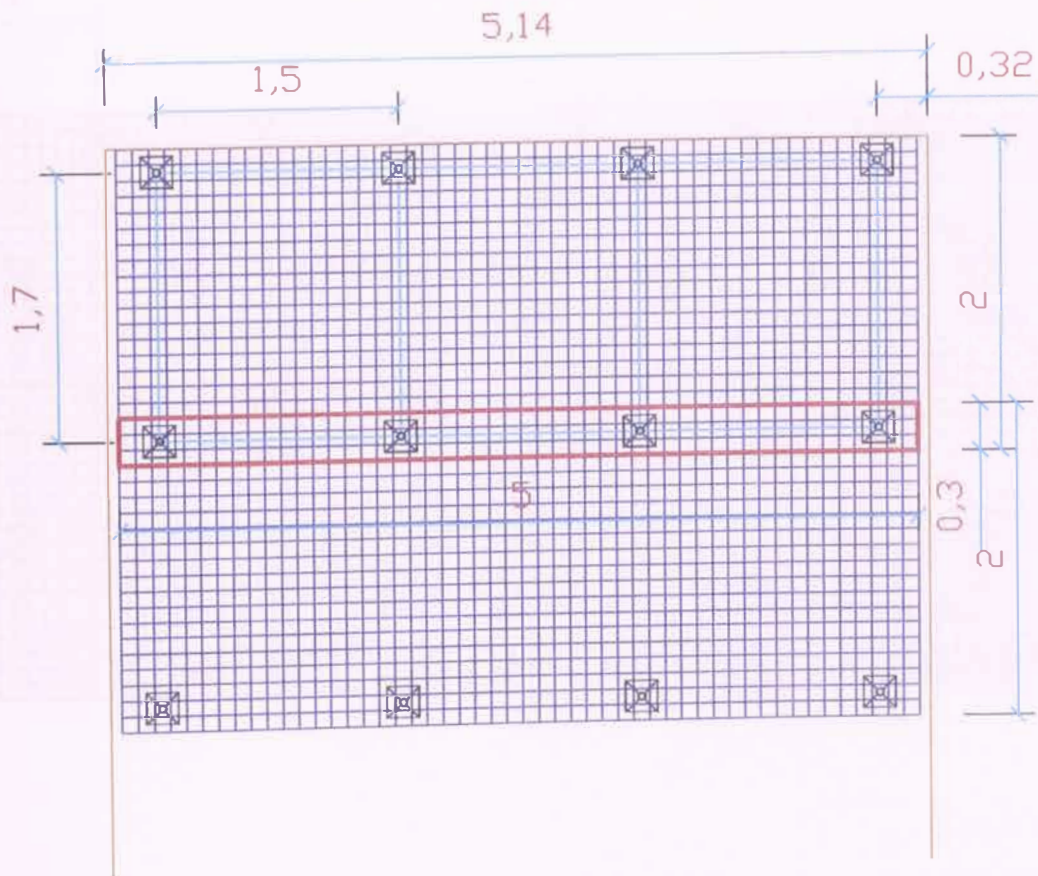
ESCALA : 1/50



SOST SIST. 1.5X1.5  
Y MALLA ELECTROSOLDADA  
PERNOS DE 6 PIES  
SECCION 3X3

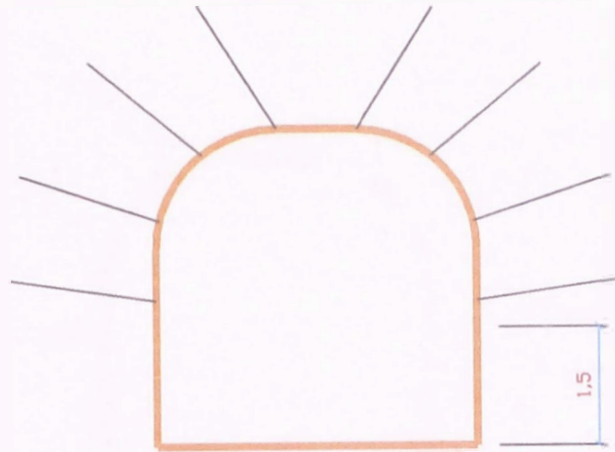


ESCALA : 1/100

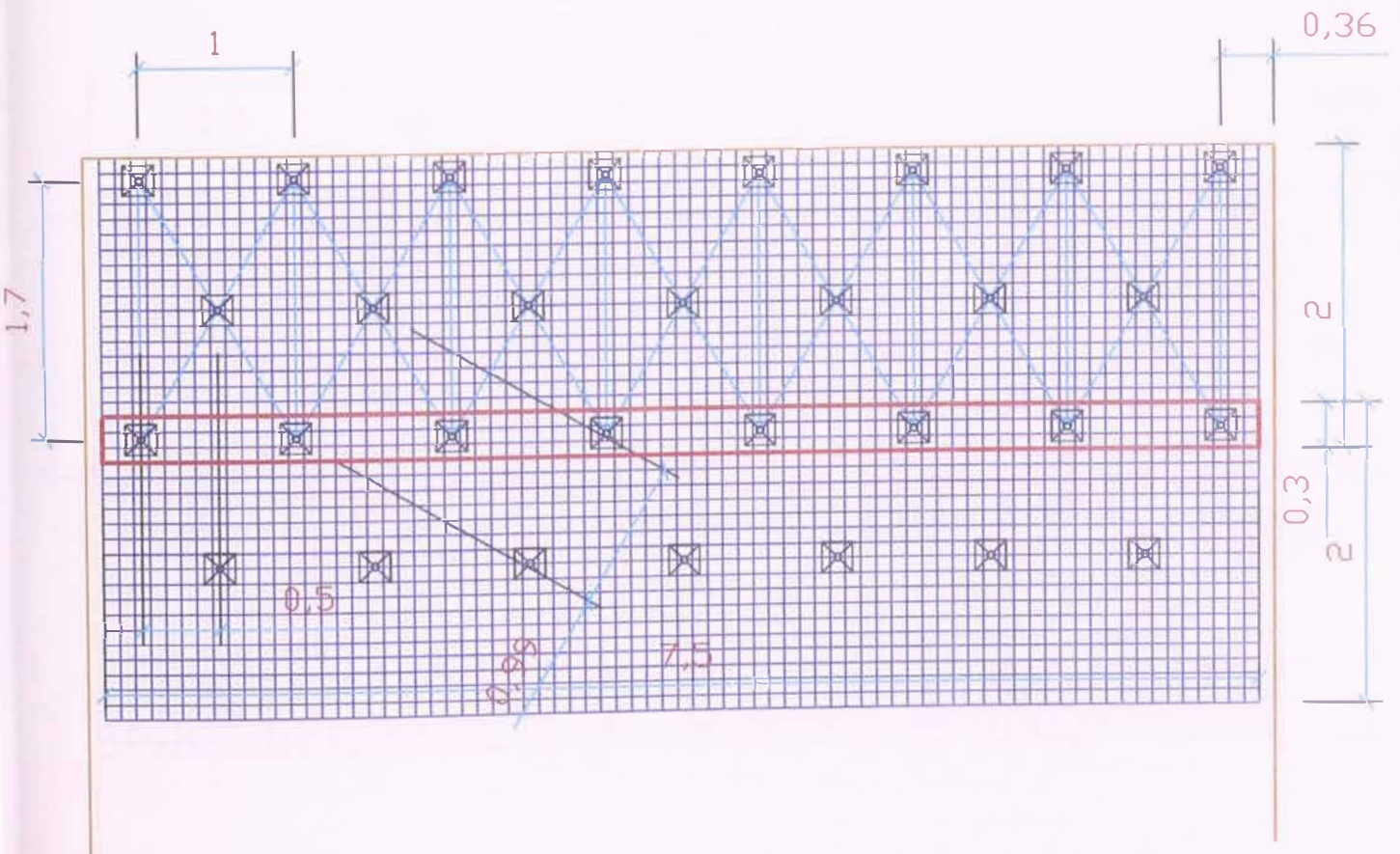


ESCALA : 1/50

SOST SIST. 1.0X1.0  
Y MALLA ELECTROSOLDADA  
PERNOS DE 6 PIES  
SECCION 4X4



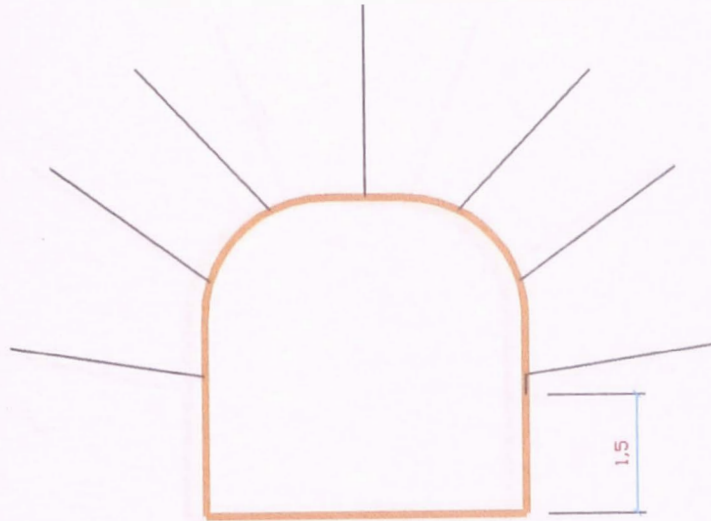
ESCALA : 1/100



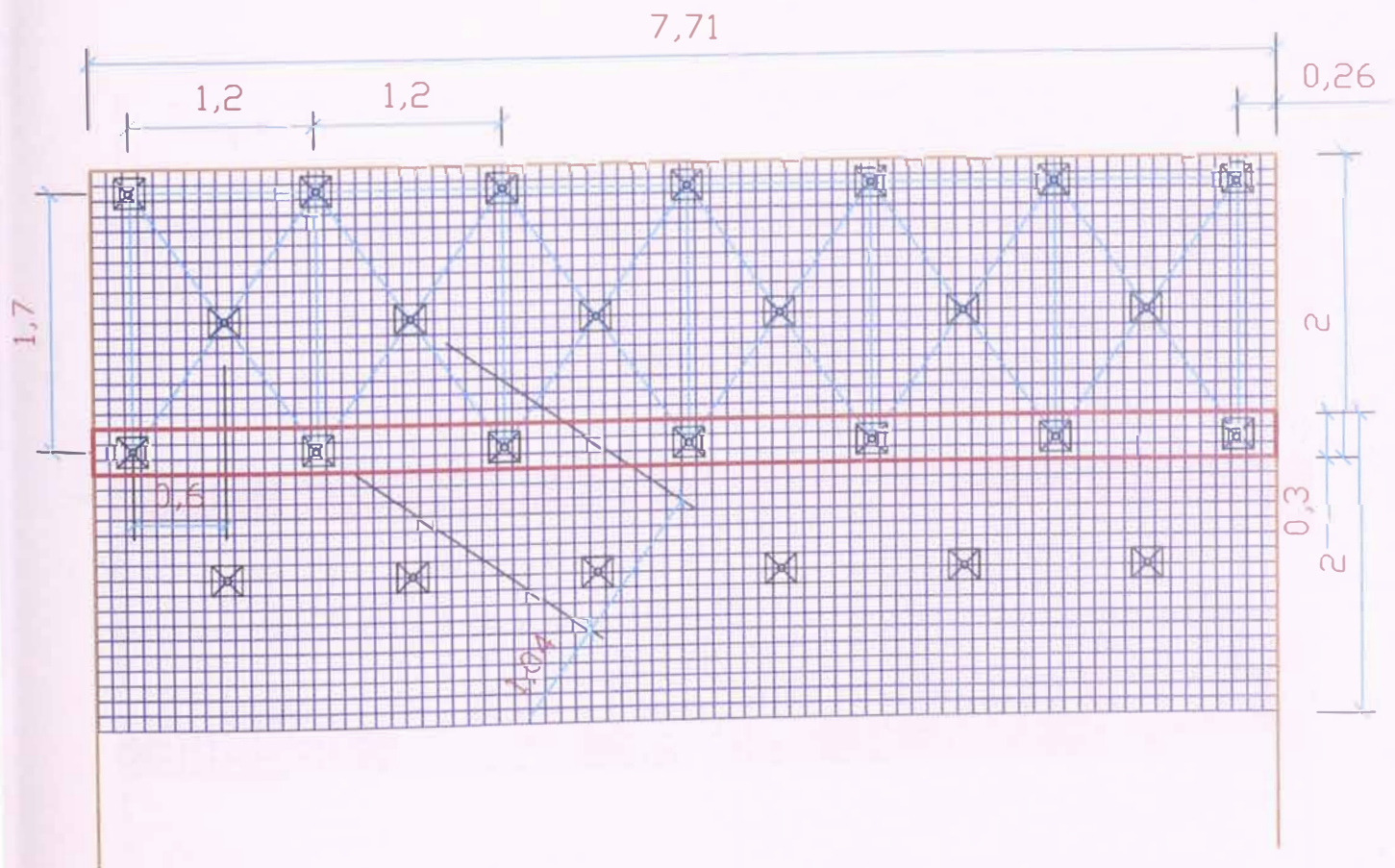
ESCALA : 1/50

SOST SIST. 1.2X1.2  
Y MALLA ELECTROSOLDADA  
PERNOS DE 8 PIES

SECCION 4X4

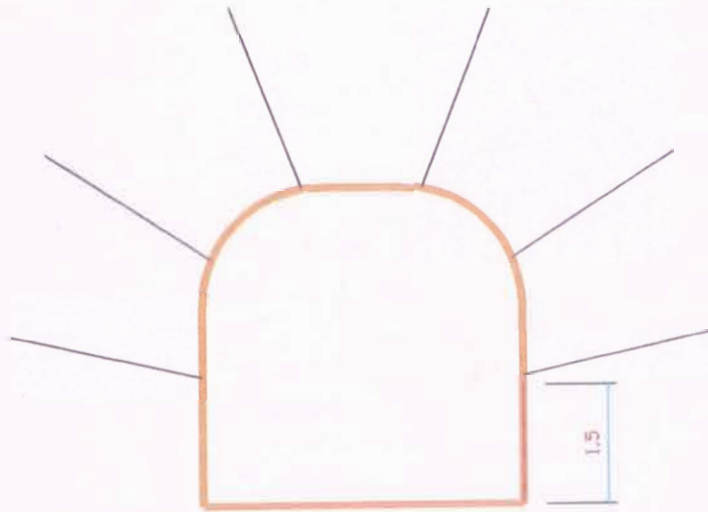


ESCALA : 1/100

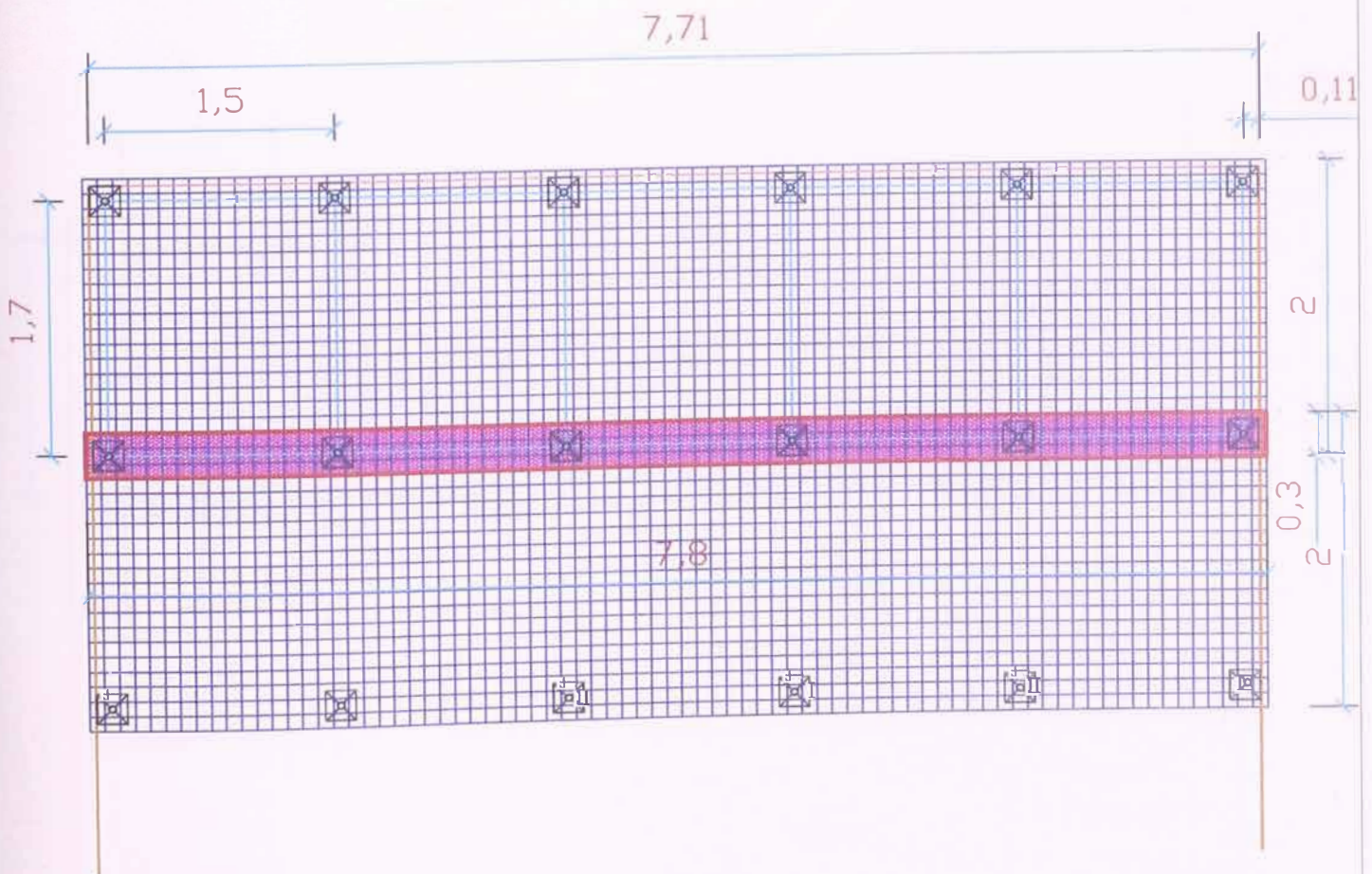


ESCALA : 1/50

SOST SIST. 1.5X1.5  
Y MALLA ELECTROSOLDADA  
PERNOS DE 8 PIES  
SECCION 4X4

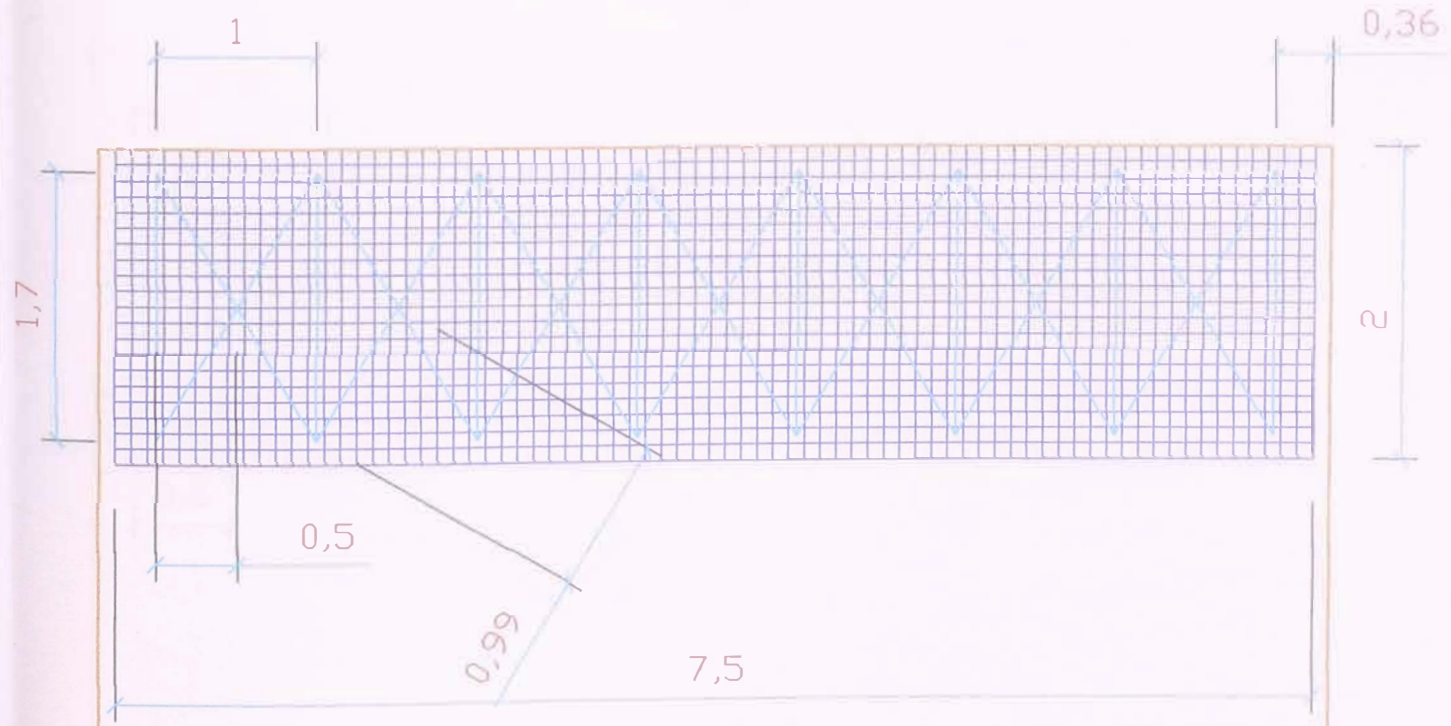
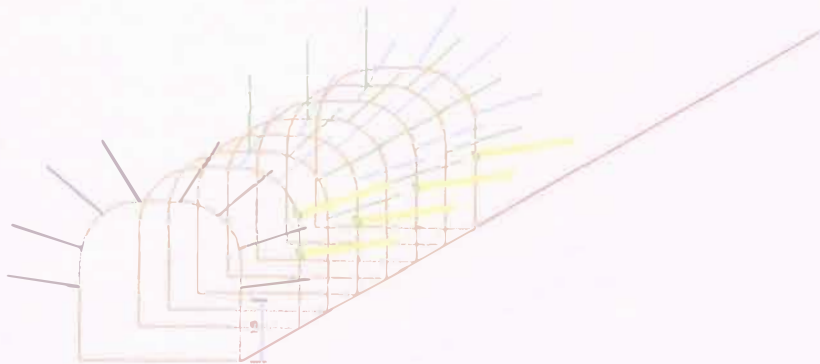


ESCALA : 1/100



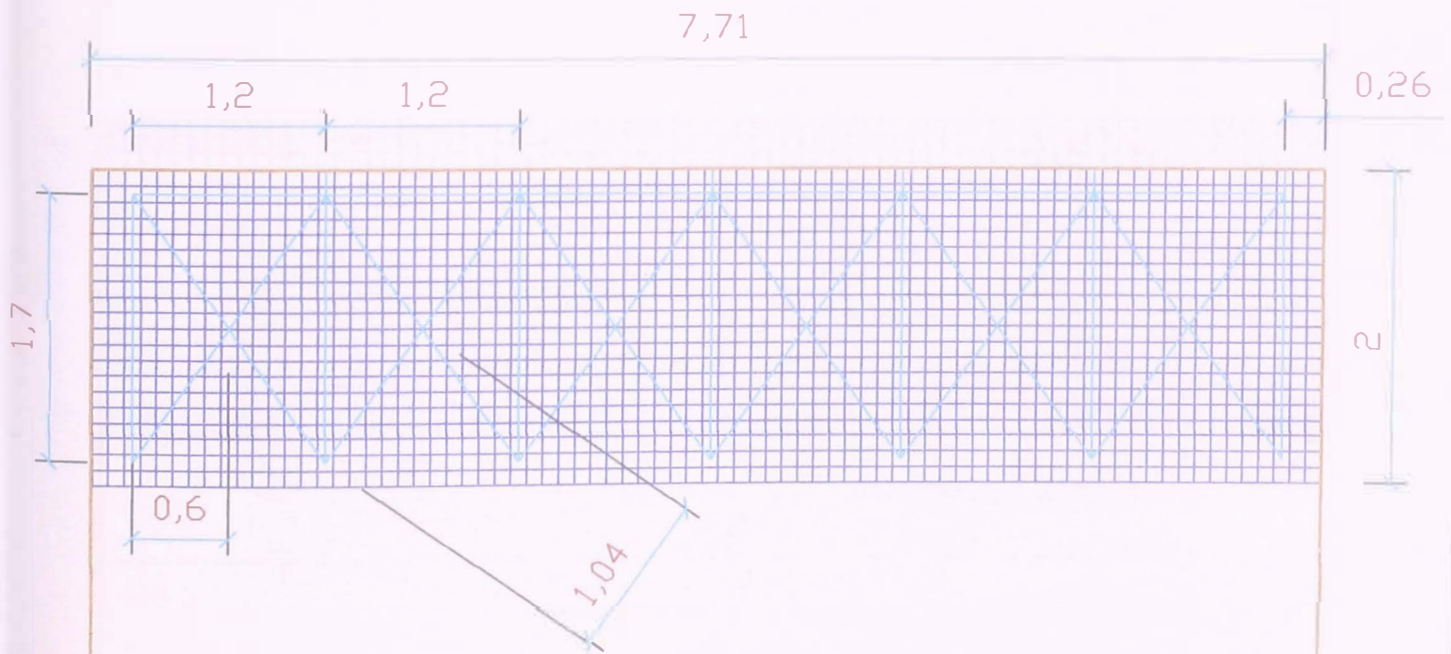
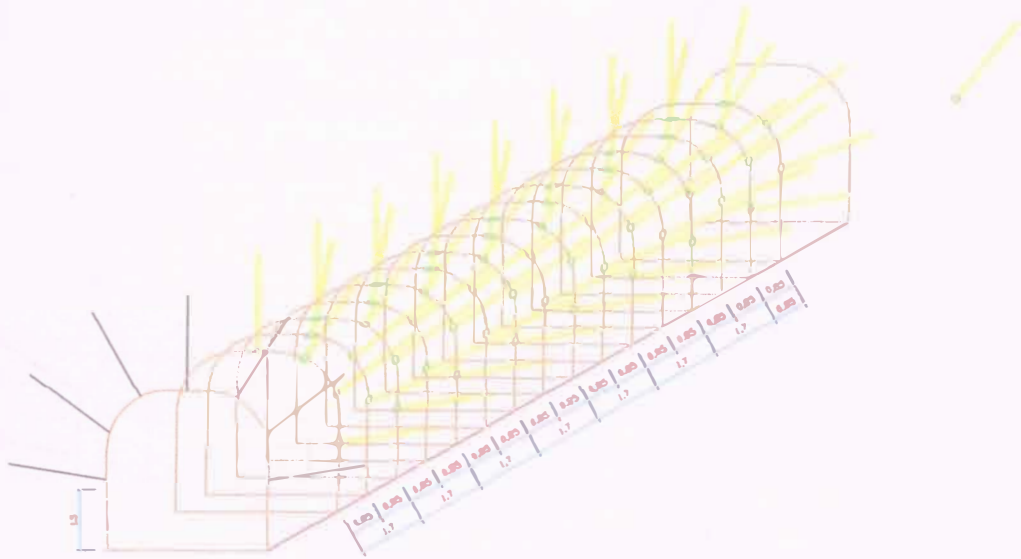
ESCALA : 1/50

SOST SIST. 1.0X1.0  
Y MALLA ELECTROSOLDADA  
PERNOS DE 6 PIES  
SECCION 4X4

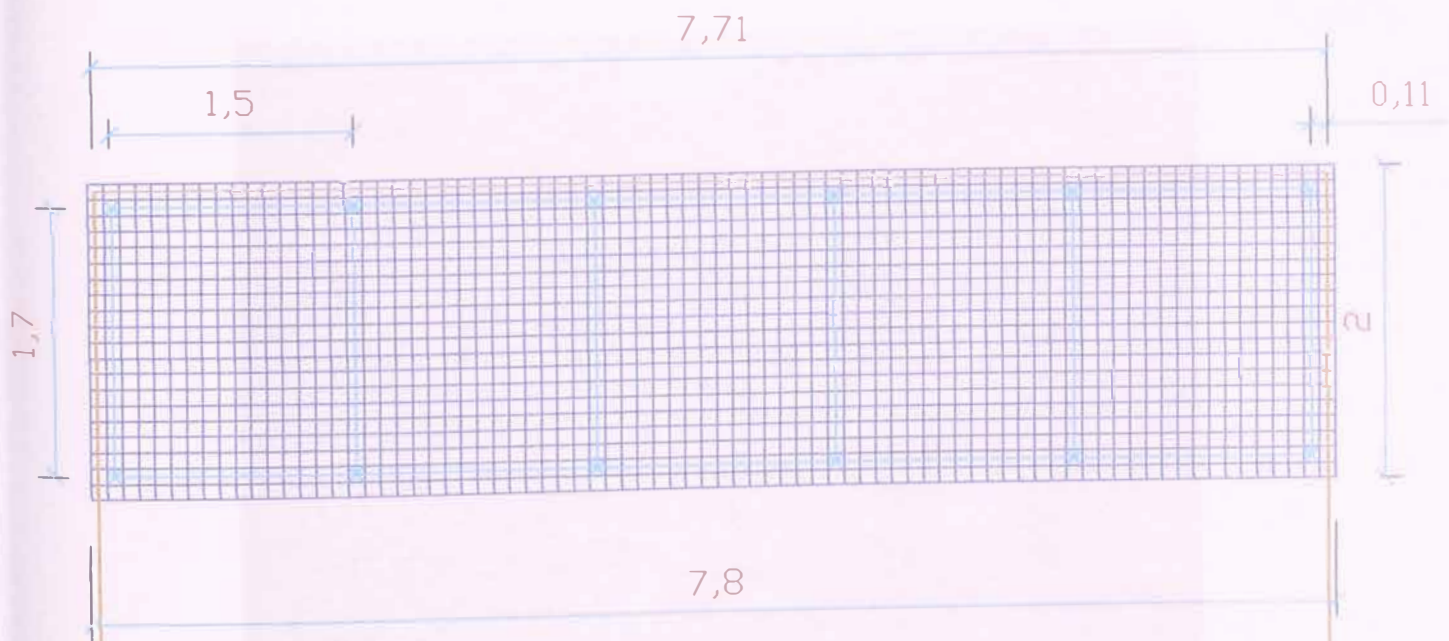
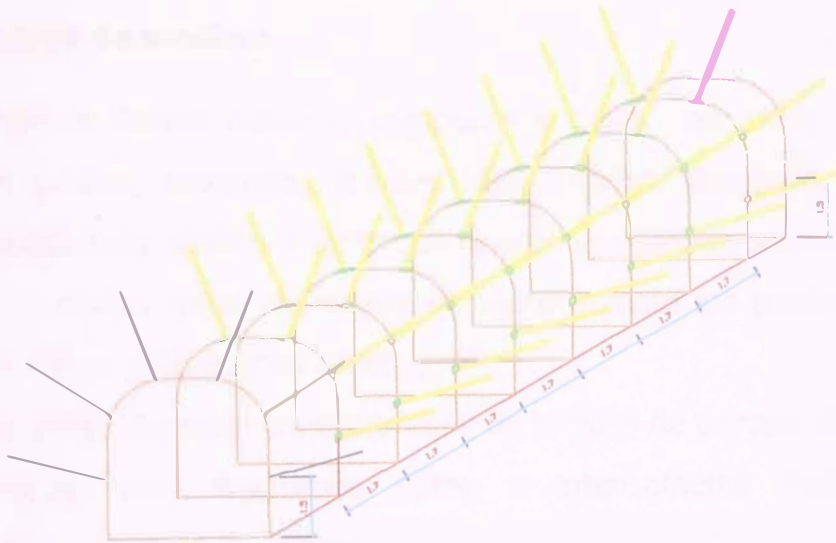


ESCALA : 1/50

SOST SIST. 1.2X1.2  
 Y MALLA ELECTROSOLDADA  
 PERNOS DE 8 PIES  
 SECCION 4X4



SOST SIST. 1,5X1,5  
Y MALLA ELECTROSOLDADA  
PERNOS DE 8 PIES  
SECCION 4X4



## 5.6. Cuadros de madera

En este tipo se tienen cuadros; completos y cojos, con todos sus elementos, como son postes, sombrero, tirantes topes, cuñas, enrejado, encibado, los cuadros pueden ser cónicos o rectos en Huarón se usan los segundos.

También se tienen como elementos de sostenimiento los puntales con platilla, puntales en línea para guarda cabezas, etc.

El espaciamiento depende principalmente de la clase de terreno de que se trate.

Macizo rocoso muy fracturado pobre o intensamente fracturado regular (MF/P-IF/R): 1.2 a 1.5 metros

Macizo rocoso Muy fracturado muy pobre o intensamente fracturado pobre (MF/MP, IF/P): 1 a 1.2 metros 3 a 4 pies

Macizo rocoso Intensamente fracturado muy pobre o triturado pobre (IF/MP-T/P): 0.5 a 1 metro



**Cuadros de madera completos**





### **Puntales con plantilla sosteniendo banco R-380, Zona Norte**

#### **5.7. Relleno hidráulico**

En Huarón el elemento que nos permite sostener los tajeos de forma rápida y segura, evitando el relajamiento de la roca es el relleno hidráulico, el cual usado con oportunidad nos permite un ciclo de minado rápido y seguro, evitando el exceso de sostenimiento con madera o malla más split set. Nos permite controlar las cajas falsas de las paredes del tajo y evitar algún desplazamiento inducido por el minado del tajo, al controlar la altura del tajo nos reduce el índice G.S.I. de tal manera que para la continuación del minado el tiempo de auto soporte se incrementa.

## CAPITULO VI

### 6. APLICACIONES PRÁCTICAS

#### 6.1. RAMPA 920 – Nv. 320 – Veta Tapada - ZONA SUR

Sección: 4x4 metros, labor que se han excavado 4 tramos con una longitud total de 94 metros.

##### **Primer tramo: De 0+184 a 0+205 m. Longitud: 21 m.**

Pared derecha: 12 f/m, se indenta superficialmente la picota, fracturas ligeramente abiertas. G.S.I = F/P, soporte = C (15 días)

Techo: 18 f/m, se indenta superficialmente la picota, fracturas ligeramente abiertas, oxidadas. G.S.I = MF/P, soporte = D (5 días).

Pared Izquierda: 10 f/m, se indenta superficialmente la picota, fracturas ligeramente abiertas, oxidadas. G.S.I. = F/P, soporte = C (15 días).

Factores influyentes: Orientación de las discontinuidades paralelas a la labor con buzamiento hacia la parte interna de la labor, labor adyacente por lo cual debemos corregir por factores influyentes entonces la clasificación G.S.I. se incrementa de la siguiente manera:

Pared derecha: G.S.I = F/P, soporte = D (5 días).

Techo: G.S.I = MF/P, soporte = E (1 día).

Pared Izquierda: G.S.I. = F/P, soporte = D (5 días).

##### **Soporte a colocar**

Pared derecha: Perno sistemático 1x1m. o shotcrete 5 cm.

Techo: Perno sistemático 1x1m. más shotcrete 10 cm.

Pared Izquierda: Perno sistemático 1x1m. o shotcrete 5 cm.

**Segundo Tramo: De 0+205 m. a 0+215 m. Longitud: 10 m.**

Pared derecha = 18 f/m, se indenta superficialmente la picota, fracturas ligeramente abiertas, oxidadas. G.S.I = MF/P, soporte = D (5 días).

Techo = 28f/m se indenta profundamente la picota discontinuidades lisas fracturas rellenas y oxidadas. G.S.I. = IF/MP, soporte = F (Inmediato).

Pared izquierda = 15 f/m, se indenta superficialmente la picota, fracturas ligeramente abiertas, oxidadas. G.S.I = MF/P, soporte = D (5 días).

Factores influyentes: Orientación de las discontinuidades paralelas a la labor con buzamiento hacia la parte interna de la labor, labor adyacente por lo cual debemos corregir por factores influyentes entonces la clasificación G.S.I. se incrementa de la siguiente manera:

Pared derecha: G.S.I = MF/P, soporte =E (1 día).

Techo: G.S.I = IF/MP, soporte = F (Inmediato).

Pared Izquierda: G.S.I = MF/P, soporte =E (1 día).

**Soporte a colocar**

Al ser en el techo el sostenimiento con cimbras, en las paredes laterales también se colocarán, debido a que este sostenimiento requiere el apoyo en las paredes.

**Tercer Tramo: De 0+215 m. a 0+220 m. Longitud: 5 m.**

Pared derecha = 8 f/m, se rompe con dos golpes de picota, fracturas ligeramente abiertas, con relleno de calcita, G.S.I = F/R, Soporte = A, (5 años).

Techo = 22 f/m, fracturas ligeramente abiertas, se indenta con golpes de picota, G.S.I = IF/P, Soporte = E, (1 día).

Pared Izquierda = 15 f/m., fracturas rellenas de calcita, se indenta superficialmente con la picota. G.S.I. = MF/P, soporte = E, (1 día).

En el lado derecho y en el techo la influencia del crucero para la zona de carguío, incrementa los esfuerzos en el pilar y la zona descrita, por lo que se incrementa el G.S.I. de la siguiente manera.

Pared derecha: G.S.I = F/R, soporte =B (1 mes).

Techo: G.S.I = IF/P, soporte = F (inmediato).

Pared Izquierda: G.S.I = MF/P, soporte =E (1 día).

### **Soporte a colocar**

Al ser en el techo el sostenimiento con cimbras, en las paredes laterales también se colocarán, debido a que este sostenimiento requiere el apoyo en las paredes.

### **Cuarto Tramo: De 0+220 m. a 0+268 m. Longitud: 48 m.**

Pared derecha = 18f/m, se rompe con un golpe de picota, fracturas rellenas de calcita y cerradas, G.S.I = MF/R, Soporte = C (15 días).

Techo = 15 f/m., fracturas rellenas de calcita, se indenta superficialmente con la picota. G.S.I. = MF/P, soporte = D, (5 días).

Pared Izquierda = 17 f/m, se indenta superficialmente con la picota, fracturas moderadamente alteradas y lisas, G.S.I = MF/P, Soporte = D, (5 días).

### **Soporte a colocar**

Pared derecha: Perno sistemático 1.2 x1.2m.

Techo: Perno sistemático 1x1m. más malla o shotcrete de 5 cm.

Pared Izquierda: Perno sistemático 1x1m. más malla o shotcrete de 5 cm.

## **6.2. Crucero 129E – Nv. 320 – Zona Sur.**

Sección: 4x4 m.

### **Primer tramo 0+14m.**

Pared derecha = 15 f/m., fracturas rellenas de calcita, se indenta superficialmente con la picota. G.S.I. = MF/P, soporte = D, (5 días).

Techo = 15 f/m., fracturas rellenas de calcita, se indenta superficialmente con la picota. G.S.I. = MF/P, soporte = D, (5 días).

Pared Izquierda = 17 f/m, se indenta superficialmente con la picota, fracturas moderadamente alteradas y lisas, G.S.I = MF/P, Soporte = D, (5 días).

### **Soporte a colocar**

Pared derecha: Perno sistemático 1.0 x1.0m. más malla o shotcrete de 5 cm.

Techo: Perno sistemático 1x1m. más malla o shotcrete de 5 cm.

Pared Izquierda: Perno sistemático 1x1m. más malla o shotcrete de 5 cm.

### **Segundo tramo: de +14 a +34m.**

Pared derecha = 20 f/m., fracturas rellenas de calcita, se indenta más de 5mm. con la picota. G.S.I. = MF/MP, soporte = D, (1 día.)

Techo = 18f/m., fracturas formando bloques, se indenta más de 5mm. con la picota. G.S.I. = MF/MP, soporte = D, (1 día).

Pared Izquierda = 20 f/m, se indenta más de 5mm. con la picota, fracturas moderadamente alteradas y lisas, G.S.I = MF/MP, Soporte = D, (1 día).

### **Soporte a colocar**

Pared derecha: Perno sistemático 1.0 x1.0m. más shotcrete de 10 cm.

Techo: Perno sistemático 1x1m. más shotcrete de 10 cm.

Pared Izquierda: Perno sistemático 1x1m. más shotcrete de 10 cm.

**Tercer tramo: de +34 a +40 m.**

Pared derecha = 20 f/m., fracturas rellenas de panizo, se indenta más de 5mm. con la picota. G.S.I. = MF/MP, soporte = D, (1 día).

Techo = 28f/m., fracturas formando bloques, se indenta más de 5mm. con la picota. G.S.I. = IF/MP, soporte = D, (Inmediato).

Pared Izquierda = 20 f/m, se indenta más de 5mm. con la picota, fracturas moderadamente alteradas y lisas, G.S.I = MF/MP, Soporte = D, (1 día).

**Soporte a colocar**

Al ser en el techo el sostenimiento con cimbras, en las paredes laterales también se colocarán, debido a que este sostenimiento requiere el apoyo en las paredes.



0+268



ROCA MF/P COLOCAR MALLA Y PERNO

0+220

Perno cementado 8' (1.5x 1.5)

ROCA IF/P SOST. CON SHOTCRETE  
FRACTURAMIENTO BUZANDO HACIA LA RP 920

0+215

Cimbras

0+205

Perno cementado 8' (1.0x 1.0) + Malla Electrosoldada

CX 129 E

0+184

Cimbras

FALLA // A LA LABOR

Falla Buz. 65°  
Falla Buz. 40° relleno con panizo  
Falla Buz. 45°  
fractura relleno con panizo  
Fractura de 10 a 15 cm rellena de carbon alterado  
Fractura rellena con panizo  
Fractura de 5 cm rellena de carbonato

ROCA IF/MP SOST. CON CIMBRAS

	CALIDAD DE ROCA	TIEMPO DE COLOCACION
<b>A</b>	a) LF/B, LF/R, LF/P, F/B, F/R, MF/B b) LF/B, LF/R, F/B	6 años
<b>B</b>	a) ----- b) LF/P, F/R, MF/B	1 mes
<b>C</b>	a) F/P, MF/R b) -----	15 días
<b>D</b>	a) F/MP, MF/P, IF/P b) F/P, MF/R	6 días
<b>E</b>	a) MF/MP, IF/P b) F/MP, MF/P, IF/R	1 día
<b>F</b>	a) IF/MP b) MF/MP, IF/P, IF/MP	Irmediato

OBSERVACIONES: T. = techo, P.I. = Pared Izquierda, P.D. = Pared Derecha  
a = soporte sin factores influyentes  
b = soporte con factores influyentes



**COMPAÑIA MINERA HUARON S.A.**  
**PLANO GEOMECANICO**  
**RP 920**



EJECUTADO: ING. SAMANE  
REVISADO: ING. CHAVEZ

FECHA: 03/01/05  
ESCALA: 1/500

### **6.3. Galería 131E– Nv. 250 – Veta Anita - Zona Norte**

Sección 2.1x 2.4 m.

#### **Primer tramo: 0+12 m.**

Pared derecha = 6 f/m., fracturas cerradas, se rompe con dos golpes de picota.  
G.S.I. = F/R, soporte = A, (5 años.)

Techo = 25f/m., fracturas formando bloques, se indenta más de 5mm. con la picota. G.S.I. = IF/MP, soporte = F, (Inmediato).

Pared Izquierda = 6 f/m., fracturas cerradas, se rompe con dos golpes de picota.  
G.S.I. = F/R, soporte = A, (5 años.)

#### **Soporte a colocar**

Pared derecha: Sin soporte o perno ocasional.

Techo: Puntal de caja con patilla y encribado topeado al techo.

Pared Izquierda: Sin soporte o perno ocasional.

#### **Segundo tramo: de +12 m. a +21 m.**

Pared derecha = 16 f/m., fracturas ligeramente abiertas, se indenta superficialmente con la picota. Como factor influyente fracturas sub paralelas al rumbo de la labor G.S.I. = MF/P, soporte = D, (5 días).

Techo = 25f/m., fracturas formando bloques, se indenta ligeramente con la picota. Como factor influyente presencia de agua. G.S.I. = IF/P, soporte = E, (1 día).

Pared Izquierda = 14 f/m., fracturas ligeramente abiertas, se rompe con dos golpes de picota. Como factor influyente falla paralela al rumbo de la labor. G.S.I. = MF/R, soporte = B, (1 mes).



**Soporte a colocar**

Pared derecha: Perno sistemático 1x1m. más malla.

Techo: Perno sistemático 1x1m. más shotcrete de 10 cm.

Pared Izquierda: Perno sistemático 1.5x1.5m.

**Tercer tramo: de +21 m. a +27 m.**

Pared derecha = 15 f/m., fracturas ligeramente abiertas, se rompe con dos golpes de picota. Como factor influyente falla paralela al rumbo de la labor. G.S.I. = MF/R, soporte = B, (1 mes).

Techo = 22f/m., fracturas formando bloques, se indenta ligeramente con la picota. Como factor influyente presencia de agua. G.S.I. = IF/P, soporte = E, (1 día).

Pared Izquierda = 18 f/m., fracturas ligeramente abiertas, se rompe con dos golpes de picota. Como factor influyente falla paralela al rumbo de la labor. G.S.I. = MF/R, soporte = B, (1 mes).

**Soporte a colocar**

Pared derecha: Perno sistemático 1.5x1.5m.

Techo: Perno sistemático 1x1m. más shotcrete de 10 cm.

Pared Izquierda: Perno sistemático 1.5x1.5m.

**Cuarto tramo: de +27 m. a +30 m.**

Pared derecha = Pared derecha = 6 f/m., fracturas cerradas, se rompe con dos golpes de picota. G.S.I. = F/R, soporte = A, (5 años.)

Techo = 25f/m., fracturas formando bloques, se indenta más de 5mm. con la picota. Veta con alteración argílica, G.S.I. = IF/MP, soporte = F, (Inmediato).

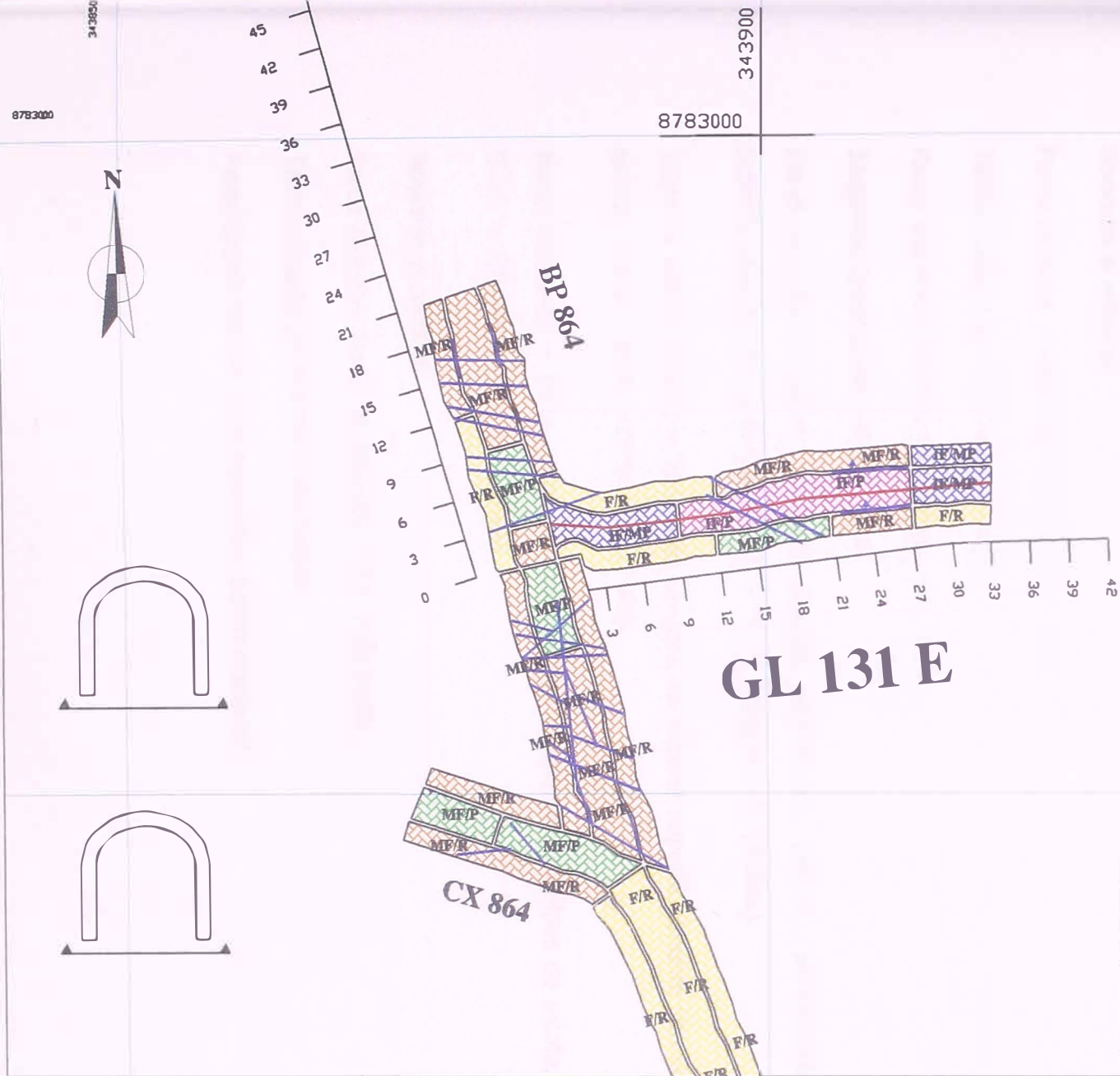
Pared Izquierda = 22 f/m., fracturas rellenas con panizo y alteradas, se indenta más de 5 mm. con la picota. G.S.I. = IF/P, soporte = F, (Inmediato).

**Soporte a colocar**

Pared derecha: Sin sostenimiento o perno ocasional.

Techo: Cuadro de madera cada metro.

Pared Izquierda: Cuadro de madera cada metro.



CATEGORÍA	CONDICIONES DE EXPLOTACIÓN (2.0-4.5)	HDCA	COLOCACION
A	SIN SOPORTE PERNO OCASIONAL	a) LF/R, LF/R, LF/P, F/R, F/R, F/P, MF/R, MF/P b) LF/R, LF/R, LF/P, F/R, F/R, MF/R	5 años
B	PERNO SISTEMÁTICO 1.50 x 1.00 m. (Malla o cinta ocasional)	a) ..... b) F/P, MF/R	1 mes
C	PERNO SISTEMÁTICO 1.2 x 1.2 m. (Malla o cinta ocasional)	a) F/P, MF/P, IF/P b) .....	15 días
D	PERNO SISTEMÁTICO 1.0 x 1.0 m., y Malla o Shotcrete con Fibra (5cm)	a) IF/P, MF/MP b) F/MP, MF/P, IF/R	6 días
E	PERNO SISTEMÁTICO 1.0 x 1.0 m., y SHOTCRETE con Fibra (10cm)	a) IF/MP b) MF/MP, IF/P	1 día
F	CIMBRAS METÁLICAS O CUADROS DE MADEIRA ESPACIADOS CADA METRO	a) ..... b) IF/MP	inmediato

OBSERVACIONES: T.= techo, P.I.= Pared Izquierda, P.D.= Pared Derecha  
 a = soporte sin factores influyentes  
 b = soporte con factores influyentes

ULTIMO DISPARO					
FECHA	TRAMO	TIEMPO DE AUTOSOPORTE	SOSTENIMIENTO A INSTALAR	SOSTENIMIENTO INSTALADO	REVISADO POR

CORRECCION AL MAPEO GEOMECANICO		
FECHA	REVISADO POR:	% CORRECCION AL MAPEO

OBSERVACIONES:



**COMPAÑIA MINERA HUARON S.A.**  
**PLANO GEOMECANICO**  
**GL 131 E**

EJECUTADO: ING. CAPCHA  
 REVISADO: ING. SAMAME  
 FECHA: 29/03/05  
 ESCALA: 1/500

ZONA: NORTE ZONA II  
 NIVEL: 250  
 VETA: ANITA

#### **6.4. Sub nivel 34 - Nv. 530 – San Narciso – Satélite**

##### **Primer Tramo: 0+9 m.**

Pared derecha = 25f/m., fracturas abiertas rellenas con panizo y filtración de agua, se indenta más de 5mm. con la picota, G.S.I. = IF/MP, soporte = F, (Inmediato).

Techo = 30f/m., fracturas formando bloques, se indenta más de 5mm. con la picota, G.S.I. = IF/MP, soporte = F, (Inmediato).

Pared Izquierda = 26f/m., fracturas abiertas rellenas con panizo, se indenta más de 5mm. con la picota, G.S.I. = IF/MP, soporte = F, (Inmediato).

##### **Soporte a colocar**

Pared derecha: Cuadro de madera cada metro.

Techo: Cuadro de madera cada metro.

Pared Izquierda: Cuadro de madera cada metro.

##### **Segundo tramo: de +9 a +12 m.**

Pared derecha = 18f/m., fracturas abiertas rellenas con panizo, se indenta superficialmente con la picota, G.S.I. = MF/P, soporte = D, (5 días).

Techo = 24f/m., fracturas formando bloques, se indenta superficialmente con la picota, G.S.I. = IF/P, soporte = E, (1 día).

Pared Izquierda = 6f/m., fracturas cerradas, se rompe con 2 golpes de picota, G.S.I. = F/R, soporte = A, (5 años).

##### **Soporte a colocar**

Pared derecha: Perno sistemático 1x1m. más malla.

Techo: Cuadro de madera cada metro.

Pared Izquierda: Sin sostenimiento o perno ocasional.

**Tercer tramo: de +12 a +18 m.**

Pared derecha = 22f/m., fracturas abiertas rellenas con panizo, se indenta superficialmente con la picota, G.S.I. = IF/P, soporte = E, (1 día).

Techo = 22f/m., fracturas abiertas rellenas con panizo y presencia de agua, se indenta más de 5mm. con la picota, G.S.I. = IF/MP, soporte = F, (Inmediato).

Pared Izquierda = 21f/m., fracturas abiertas rellenas con carbonatos, se indenta superficialmente con la picota, G.S.I. = IF/P, soporte = E, (1 día).

**Soporte a colocar**

Pared derecha: Cuadro de madera cada metro

Techo: Cuadro de madera cada metro.

Pared Izquierda: Cuadro de madera cada metro.

**Cuarto tramo: de +18 a +30 m.**

Pared derecha = 14f/m., fracturas ligeramente abiertas, se rompe con 2 golpes de la picota. G.S.I. = MF/R, soporte = B, (1 mes).

Techo = 15f/m., fracturas ligeramente abiertas, se rompe con 3 golpes de picota, G.S.I. = MF/R, soporte = B, (1 mes).

Pared Izquierda = de 20 a 25 f/m., fracturas abiertas rellenas con carbonatos, se indenta superficialmente con la picota, G.S.I. = MF/P a IF/P, soporte = D y E, (1 a 5 días).

**Soporte a colocar**

Pared derecha: Perno sistemático 1.5x1.5m.

Techo: Perno sistemático 1.5x1.5m.

Pared Izquierda: Perno sistemático 1x1m. más malla.

**Quinto tramo: de +30 a +39 m.**

Pared derecha = 21f/m., fracturas abiertas rellenas con carbonatos, se indenta superficialmente con la picota, G.S.I. = IF/P, soporte = E, (1 día).

Techo = 20 a 25 f/m., fracturas abiertas rellenas con carbonatos, se indenta superficialmente con la picota, G.S.I. = MF/P a IF/P, soporte = D y E, (1 a 5 días).

Pared Izquierda = 25 f/m., fracturas abiertas rellenas con carbonatos y presencia de agua, se indenta más de 5mm. con la picota, G.S.I. = IF/MP, soporte = F, (Inmediato).

**Soporte a colocar**

Pared derecha: Cuadro de madera.

Techo: Cuadro de madera.

Pared Izquierda: Cuadro de madera.

**Sexto tramo: de +39 a +48 m.**

Pared derecha = 25 f/m., fracturas abiertas rellenas con carbonatos y presencia de agua, se indenta más de 5mm. con la picota, G.S.I. = IF/MP, soporte = F, (Inmediato).

Techo = 25 f/m., fracturas abiertas rellenas con carbonatos y presencia de agua, se indenta más de 5mm. con la picota, G.S.I. = IF/MP, soporte = F, (Inmediato).

Pared Izquierda = 25 f/m., fracturas abiertas rellenas con carbonatos y presencia de agua, se indenta más de 5mm. con la picota, G.S.I. = IF/MP, soporte = F, (Inmediato).

**Soporte a colocar**

Pared derecha: Cuadro de madera.

Techo: Cuadro de madera.

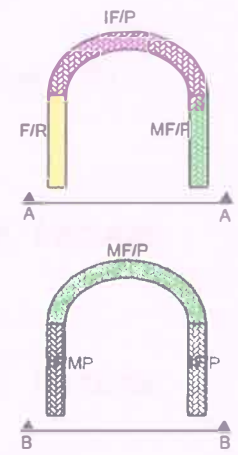
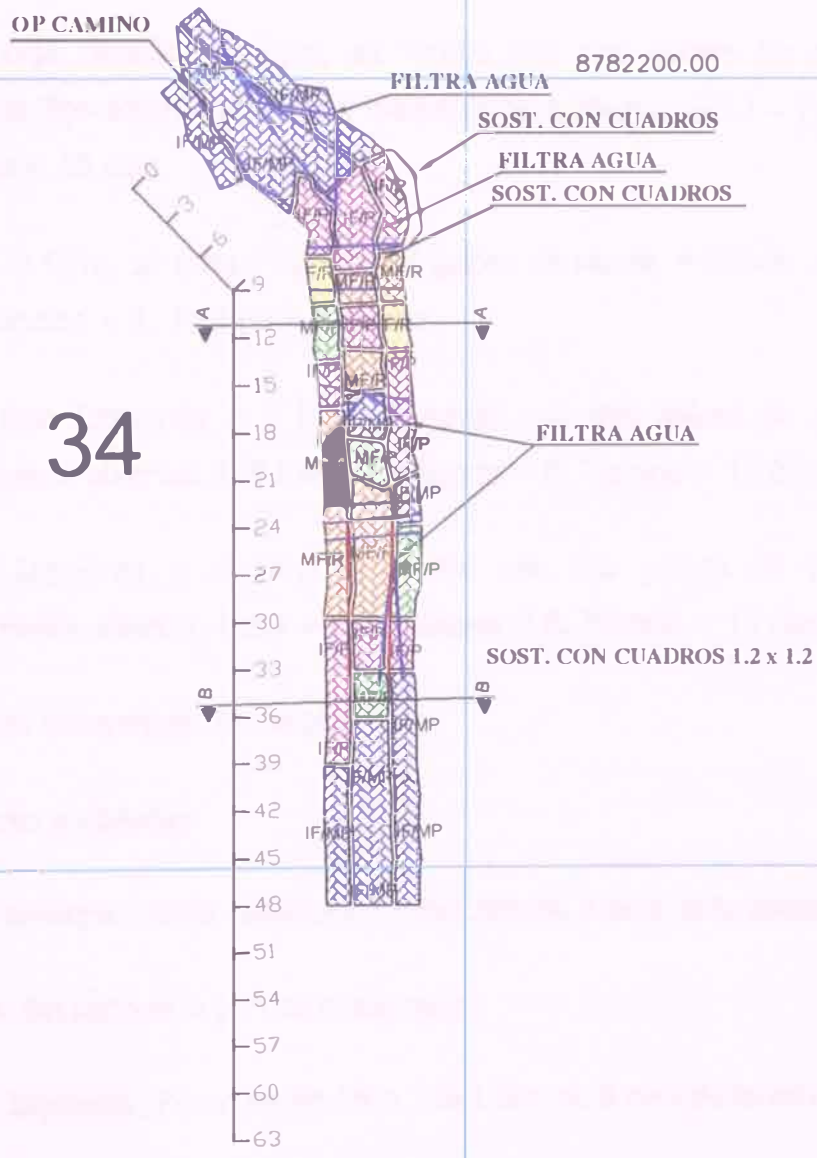
Pared Izquierda: Cuadro de madera.



	SOSTENIMIENTO SEGUN O.S.T. (modificado) LADRES MINERAS DE DESARROLLO (2,3-3,5) LADRES DE EXPLOTACION (2,3-4,0)	QUALIDAD DE ROCA	TIEMPO DE OCOLADACION
<b>A</b>	SIN SOPORTE   PERNO OCASIONAL	a) LF/ID, LF/R, LF/IF, FID, FIR, F/P, MF/ID, MF/R b) LF/ID, LF/R, LF/IF, FID, FIR, MF/ID, MF/R	5 años
<b>D</b>	PERNO SISTEMATICO 1.50 x 1.00 m. (Malla o cinta ocasional)	a) ----- b) F/P, MF/R	1 mes
<b>C</b>	PERNO SISTEMATICO 1.2 x 1.2 m. (Malla o cinta ocasional)	a) F/MP, MF/P, IF/R b) -----	15 días
<b>D</b>	PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y Malla o Shotcrete con fibra (10cm)	a) IF/P, MF/MP b) F/MP, MF/P, IF/R	5 días
<b>E</b>	PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y SHOTCRETE con fibra (10cm)	a) IF/MP b) MF/MP, IF/P	1 día
<b>F</b>	CIMENAS METALICAS O CUADROS DE MADERA ESPACIADOS CADA METRO	a) ----- b) IF/MP	inmediato

OBSERVACIONES: T.= techo, P.I.= Pared Izquierda, P.D.= Pared Derecha  
a = soporte sin factores influyentes  
b = soporte con factores influyentes

SN 34



CORRECCION AL MAPEO GEOMECANICO		
FECHA	REVISADO POR:	% CORRECCION AL MAPEO

ULTIMO DISPARO					
FECHA	TRAMO	TIEMPO DE AUTOSOPORTE	SOSTENIMIENTO A INSTALAR	SOSTENIMIENTO INSTALADO	REVISADO POR:

OBSERVACIONES:



COMPAÑIA MINERA HUARON S.A.  
PLANO GEOMECANICO  
SN 34

ZONA: SATELITE  
NIVEL: 530  
VETA: SAN NARCISO

EJECUTADO: ING. E. CHAVEZ  
REVISADO: ING. E. CHAVEZ

FECHA: ABRIL 2005  
ESCALA: 1/500

## **6.5. R-42 – Nv. 340 – San Pedro**

### **Primer Tramo: 50 metros.**

Pared derecha = 7f/m, se rompe con dos golpes de picota, presenta fracturas ligeramente abiertas y manchas de oxidación G.S.I = F/R, Soporte = B, Tiempo = 15 días.

Falsa caja derecha = 7f/m, se rompe con dos golpes de picota, presenta fracturas ligeramente abiertas y manchas de oxidación G.S.I = F/R, Soporte = B, Tiempo = 15 días.

Techo = 6f/m, se rompe con varios golpes de picota, fracturas cerradas G.S.I = F/B, Soporte = A, Tiempo = 6 meses.

Falsa caja Izquierda = 8 f/m, se rompe con dos golpes de picota, fracturas ligeramente abiertas, G.S.I = F/R, Soporte = B, Tiempo = 15 días.

Pared Izquierda = 8 f/m, se rompe con dos golpes de picota, fracturas ligeramente abiertas, G.S.I = F/R, Soporte = B, Tiempo = 15 días.

Factores influyentes: No se observan

### **Soporte a colocar**

Pared derecha: Perno sistemático 1.5x1.5m. de 8 pies de longitud.

Techo: Sin soporte o pernos ocasionales.

Pared Izquierda: Perno sistemático 1.5x1.5m. de 8 pies de longitud.

### **Segundo Tramo: 40 metros**

Pared derecha = 6f/m, se rompe con varios golpes de picota, fracturas cerradas G.S.I = F/B, Soporte = A, Tiempo = 6 meses.



Techo = 8f/m, se rompe con dos golpes de picota, presenta fracturas ligeramente abiertas y manchas de oxidación G.S.I = F/R, Soporte = B, Tiempo = 15 días.

Pared Izquierda = 6f/m, se rompe dos golpes de picota, presenta fracturas ligeramente abiertas y manchas de oxidación G.S.I = F/R, Soporte = B, Tiempo = 15 días.

Factores influyentes se observa un puente de 3.5 m. hacia arriba, comunicará al Cx. 48, se dejarán pilares que se reconocen en el plano geomecánico como las zonas achuradas.

### **Soporte a colocar**

Pared derecha: Sin soporte o pernos ocasionales.

Techo: Perno sistemático 1x1m. de 8 pies de longitud.

Pared Izquierda: Perno sistemático 1.5x1.5m. de 8 pies de longitud.

### **6.6. R-131S – Zona Norte**

Esta labor de acuerdo a su clasificación geomecánica se explota en breasting, por lo que su control es por guardia se controla igual que una labor de desarrollo.

Avance: 3.0 m. Sección: 2.5m.x2.5m. Progresiva: 0+33 al 0+36m.

Pared derecha.- 18 f/m, fracturas rellenas con panizo, se indenta la picota mas de 5 mm.; clasificación G.S.I = MF/MP, Soporte = E (1 día)

Techo.- 28 f/m, fracturas rellenas con panizo, presencia de agua, se indenta la picota mas de 5 mm.; clasificación G.S.I = MF/R, Soporte = F (inmediato)

Pared izquierda.- 15 f/m, fracturas rellenas con panizo, se indenta la picota más de 5mm.; clasificación G.S.I = MF/MP, Soporte = E (1 día)

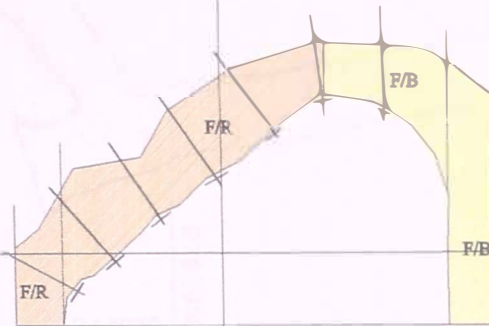
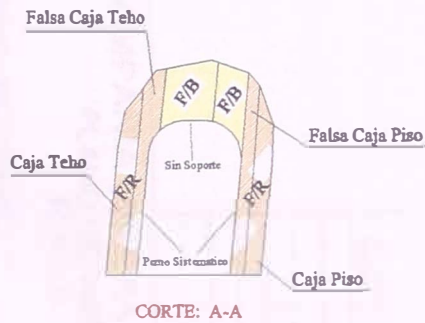
### **Soporte a colocar**

Colocación de cuadros cada metro, de inmediato, aquí se avanza colocando cuadros tras cada disparo.

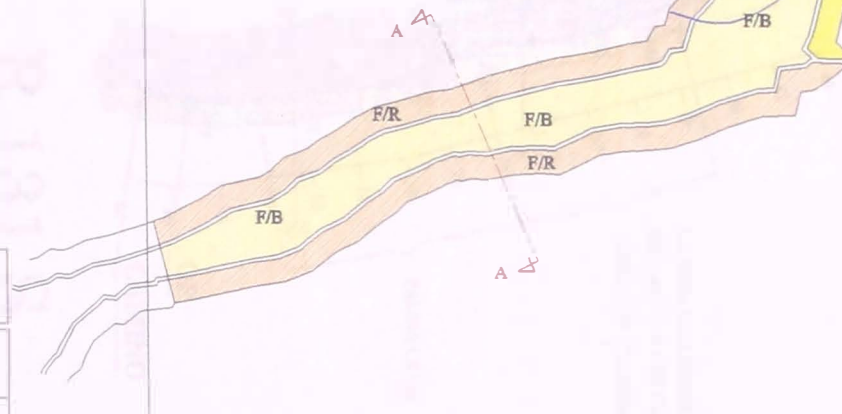


NOTA: Por existir un puente de 3.5 m. aprox. entre el TJ R42 y el CX48 que esta en el nivel superior, es recomendable continuar realizando en mineral solo la parte no achurada en el plano geomecanico; dejando como pilares la parte achurada hasta la comunicacion.

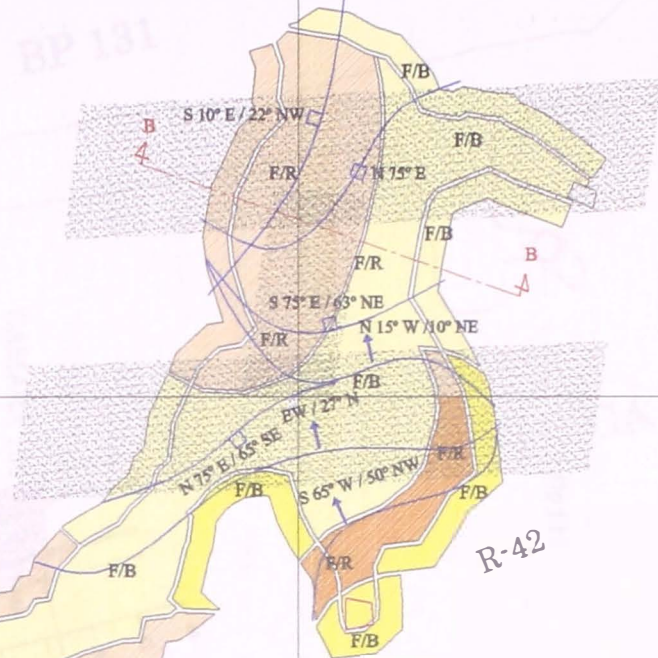
8783050 - N



SECCION: B - B



BP 131



ULTIMO DISPARO

Fecha	Sector	Tiempo-Autosorte

ESPECIFICACIONES GEOMECANICAS

ZONA	TIPO DE SOSTENIMIENTO	CONDICION GEOMECANICA DE LA ROCA	TIEMPO DE EXPOSICION
A	SIN SOPORTE PERNO OCASIONAL	F / B	1 AÑO
B	PERNO SISTEMATICO 1.5 x 1.5 m.	F / R	1 MES

Observacion: R-05 presencia de falsas cajas tanto en el piso y techo, requieren pernos sistematicos o puntales.  
 Observacion: R-42 Sistema de fracturas que forman cuñas en el techo. Podrian comprometer la estabilidad de la roca, abertura maxima 18.0 x 8.0 m. con un tiempo de autosorte de 1 mes. Longitud minima de split Set 8'



NOTAS

PLANEAMIENTO :	Ing. E. BELLIDO D.
GEOLOGIA :	J. MANZANEDO
TOPOGRAFIA :	E. RUSTAKANTE
DISEÑO CAD :	V. LÓPEZ A.
REVISADO POR :	Ing. A. RODRÍGUEZ CH.
APROBADO POR :	Ing. M. VELÁSQUEZ - HUARÓN



OFICINA DE PLANEAMIENTO OBRA: MINA HUARON

VETA SAN PEDRO

NV. 340

PLANO GEOMECANICO - TJ R42

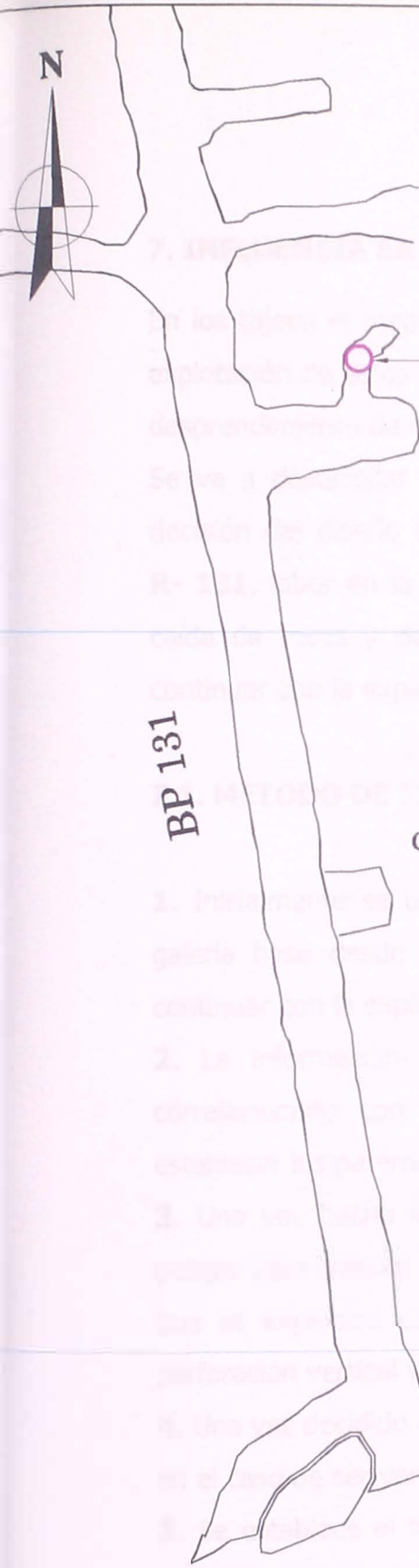
CODIGO : A-01

ESCALA : 1 / 500

FECHA : 23-02-03

PLANO N° :

23



SOSTENIMIENTO SEGUN G.S.I. (MODIFICADO) LABORES MINERAS DE DESARROLLO (2.0-3.5) LABORES DE EXPLOTACION (2.0-4.0)		CALIDAD DE ROCA	TIEMPO DE OCC. OOADTOR
<b>A</b>	SIN SOPORTE - PERNO OCASIONAL	a) LF/R, LF/R, LF/P, F/D, F/R, F/P, MF/D, MF/R b) LF/D, LF/R, LF/P, F/D, F/R, MF/B	5 años
<b>B</b>	PERNO SISTEMATICO 1.50 x 1.50 m. (Malla o cinta ocasional)	a) <del>LF/R, LF/R, LF/P, F/D, F/R, F/P, MF/D, MF/R</del> b) F/P, MF/R	1 mes
<b>C</b>	PERNO SISTEMATICO 1.2 x 1.2 m. (Malla o cinta ocasional)	a) F/M, MF/P, IF/R b) <del>LF/R, LF/R, LF/P, F/D, F/R, F/P, MF/D, MF/R</del>	16 días
<b>D</b>	PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y Shotcrete con fibra (10cm)	a) IF/P, MF/M b) F/M, MF/P, IF/R	5 días
<b>E</b>	PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y Shotcrete con fibra (10cm)	a) IF/M b) MF/M, IF/P	1 día
<b>F</b>	CAMERAS METALICAS O CARGOS DE MADERA ESPACIADOS CADA METRO	a) <del>LF/R, LF/R, LF/P, F/D, F/R, F/P, MF/D, MF/R</del> b) IF/M	inmediato

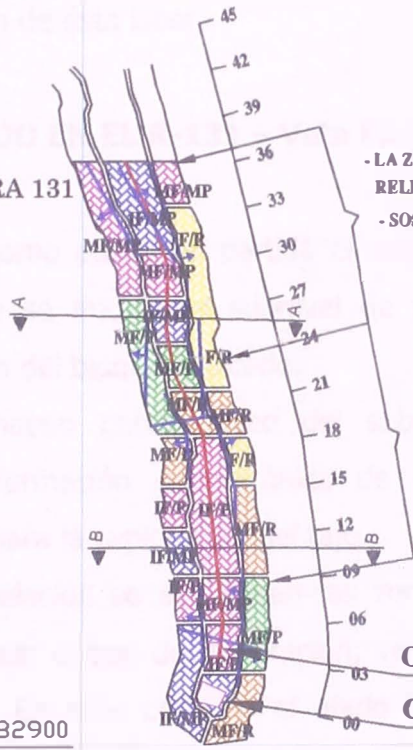
OBSERVACIONES: T. = techo, P.I. = Pared Izquierda, P.D. = Pared Derecha  
 a = soporte sin factores influyentes  
 b = soporte con factores influyentes

BP 131

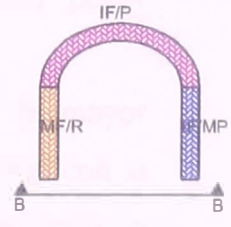
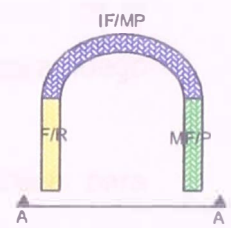
GA 131 N

Op 131

CAMARA 131



- LA ZONA ESTA MF/M, FRACTURAS  
 RELLENADAS CON OXIDO Y PANIZO  
 - SOST. CON CUADROS



8782900

344050

R 131 S

ULTIMO DISPARO

FECHA	TRAMO	TIEMPO DE AUTOSOPORTE	SOSTENIMIENTO A INSTALAR	SOSTENIMIENTO INSTALADO	REVISADO POR:

CORRECCION AL MAPEO GEOMECANICO		
FECHA	REVISADO POR:	% CORRECCION AL MAPEO

OBSERVACIONES:



COMPAÑIA MINERA HUARON S.A.  
 PLANO GEOMECANICO  
 R 131 S

ZONA: NORTE ZONA II  
 NIVEL: 250  
 VETA: FASTIDIOSA R4

EJECUTADO: ING. CHAVEZ  
 REVISADO: ING. CHAVEZ

FECHA: ABRIL 2005  
 ESCALA: 1/500

## **CAPITULO VII**

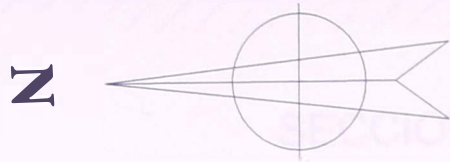
### **7. INFLUENCIA EN EL MINADO DE TAJEOS**

En los tajeos el mapeo geomecánico nos ayuda en la definición del método de explotación de estos y en el tipo de soporte que se debe colocar para prevenir el desprendimiento de roca.

Se va a desarrollar un caso típico de la aplicación de la geomecánica en la decisión del diseño de un tajo o labor de explotación, trataremos el caso del **R- 131**, labor en la cual sucedió en Diciembre del 2004 un accidente fatal por caída de rocas y demostraremos como el mapeo geomecánico nos ayudó a continuar con la explotación de ésta labor.

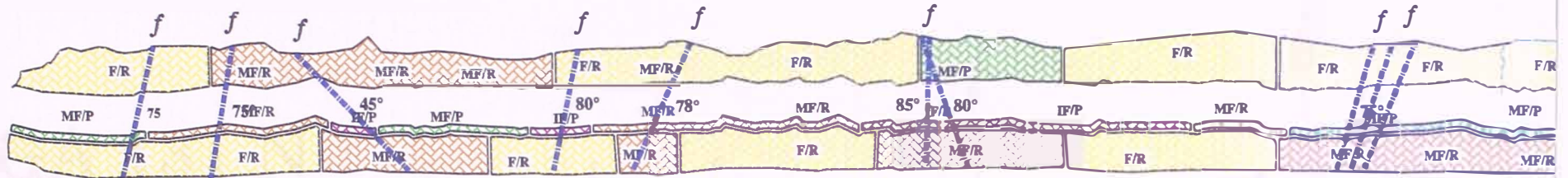
#### **7.1. METODO DE TRABAJO EN EL R-131 – Veta Fastidiosa – Nv. 250**

- 1.** Inicialmente se toma como punto de partida el mapeo geomecánico de la galería base desde donde se iniciará el subnivel de preparación para luego continuar con la explotación del bloque cubicado.
- 2.** La información del mapeo geomecánico del subnivel nos servirá para correlacionarlo con la información geomecánica de la galería, para poder establecer los parámetros para la explotación del tajo.
- 3.** Una vez hecha la correlación se establecen las zonas críticas o de mayor peligro para evaluar y decidir el tipo de perforación; vertical u horizontal con la que se explotará el tajo. En este caso en el alado Norte se hace realce o perforación vertical y en el lado Sur perforación horizontal o breasting.
- 4.** Una vez decidido el método de explotación se diseñará la malla de perforación en el caso de ser vertical. En este caso el diseño se hizo para el lado Norte.
- 5.** Se establece el tonelaje a extraer y con que equipos se realizará y de que dimensiones serán éstos, en este caso se decidió en el lado Norte con Scoop eléctrico y en el lado Sur con winche de arrastre de 30 HP con rastra de 70 cm.
- 6.** Se prevé el tipo de sostenimiento a colocar y la cantidad de éste, para poder tener en almacén un stock adecuado para la explotación mensual de esta labor.



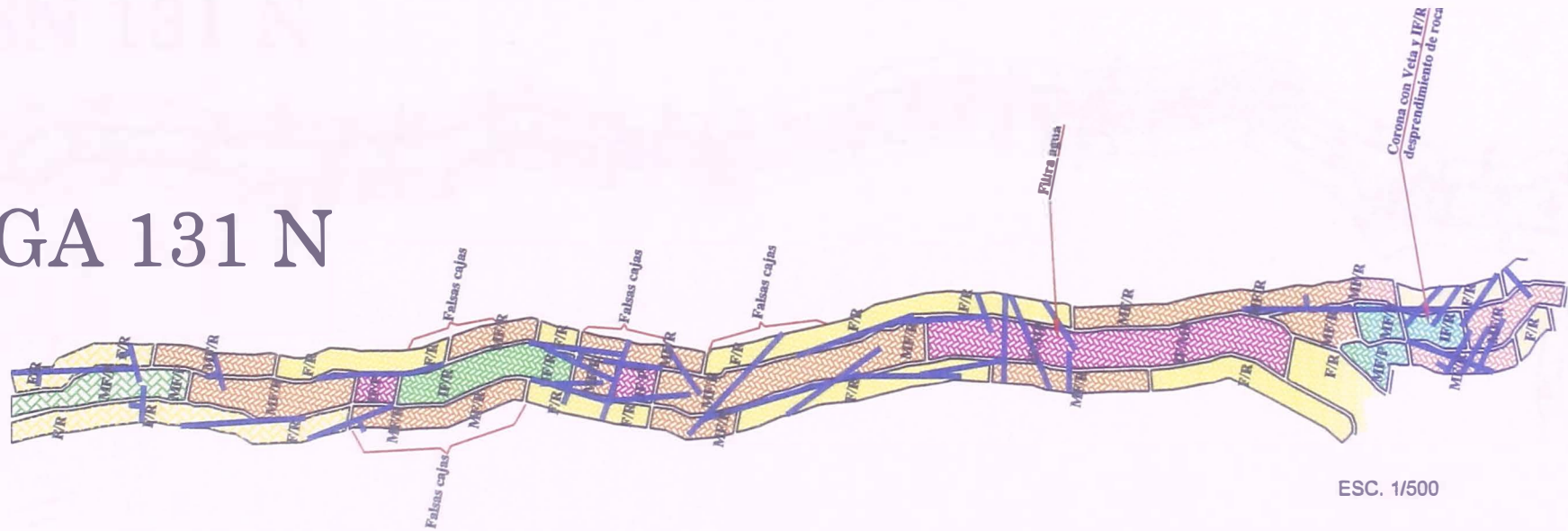
4280.00  
4259.00  
4258.00  
4257.00  
4296.00  
4256.00  
4254.00  
4253.00  
4252.00  
4251.00  
4250.00  
4249.00  
4248.00  
4247.00  
4246.00  
4245.00  
4244.00  
4243.00  
4242.00  
4241.00  
4240.00  
4239.00  
4238.00  
4237.00  
4236.00

4253 m.s.n.m.



SECCION LONGITUDINAL

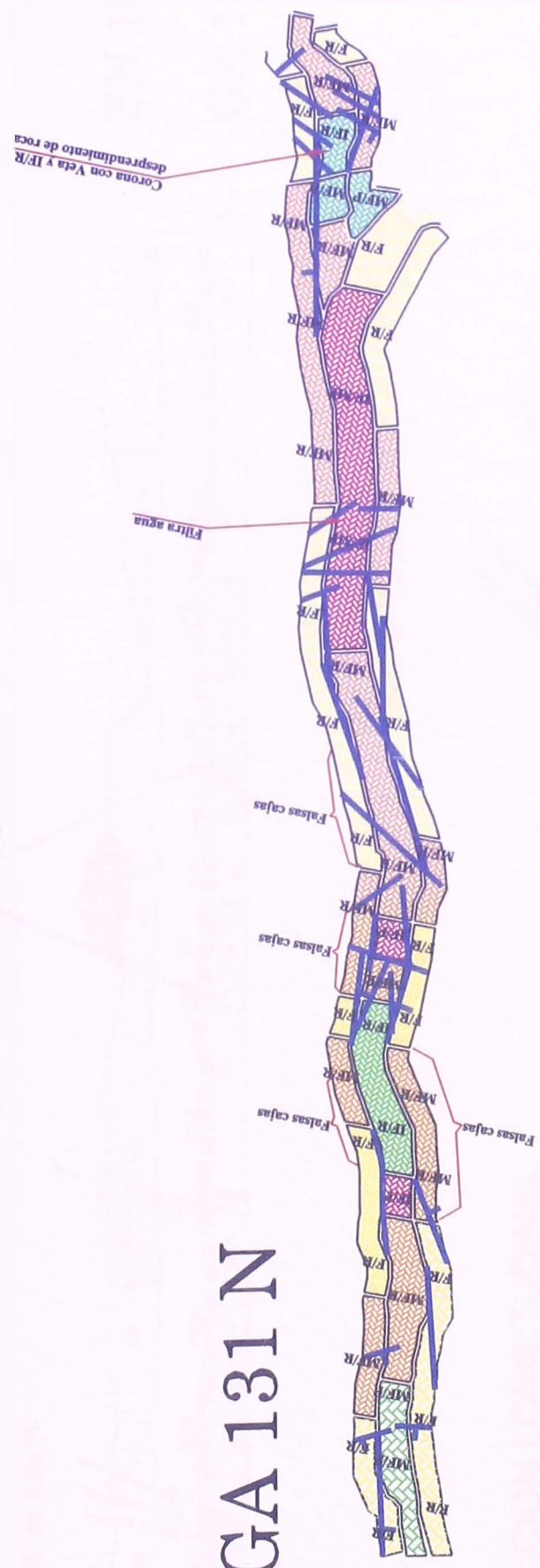
GA 131 N



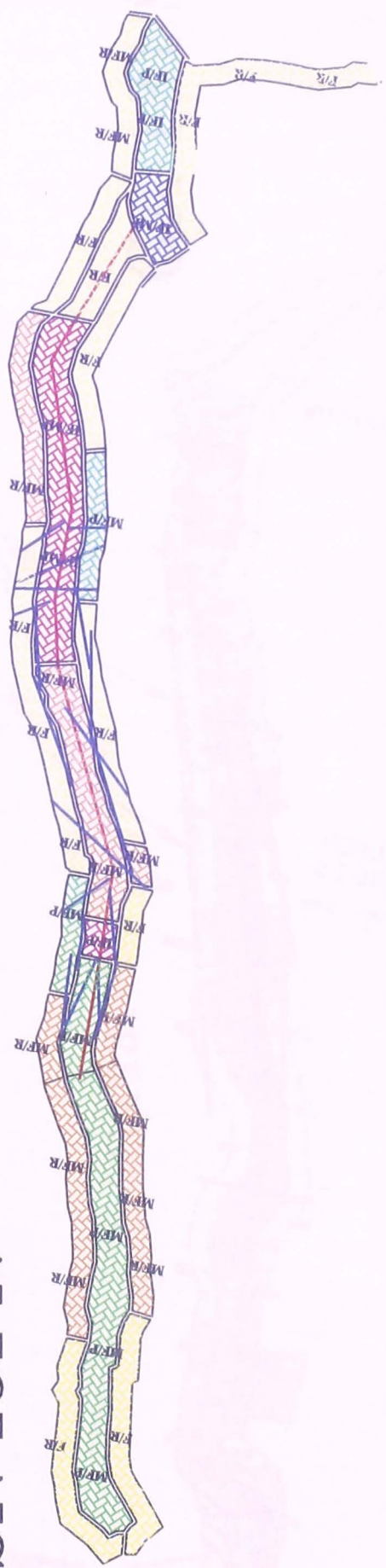
ESC. 1/500

SECCION LONGITUDINAL

GA 131 N



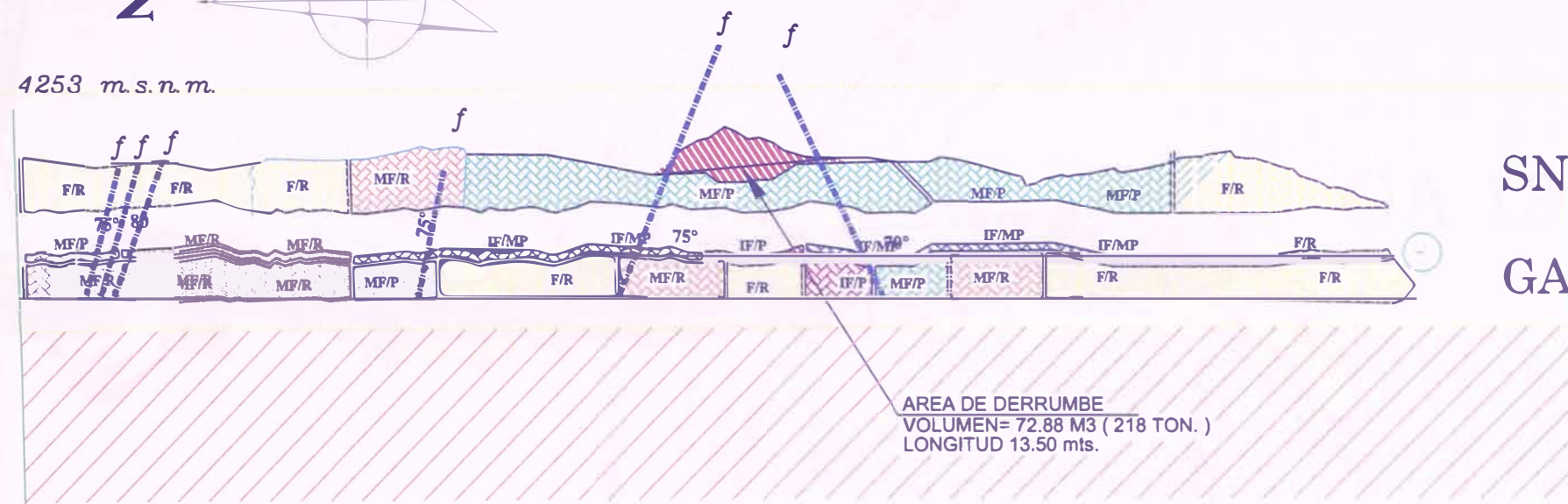
SN 131 N



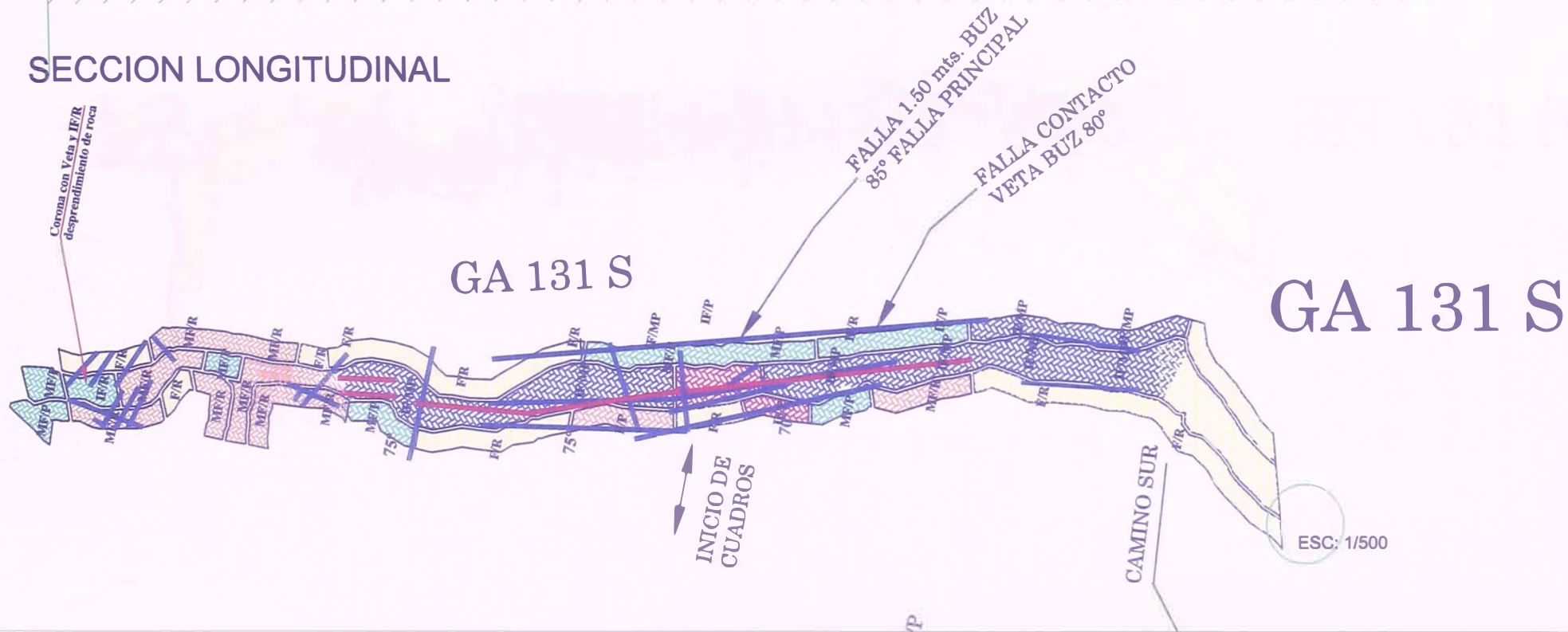
4290.00  
4288.00  
4286.00  
4284.00  
4282.00  
4280.00  
4278.00  
4276.00  
4274.00  
4272.00  
4270.00  
4268.00  
4266.00  
4264.00  
4262.00  
4260.00  
4258.00  
4256.00  
4254.00  
4252.00  
4250.00  
4248.00  
4246.00  
4244.00  
4242.00  
4240.00  
4238.00  
4236.00



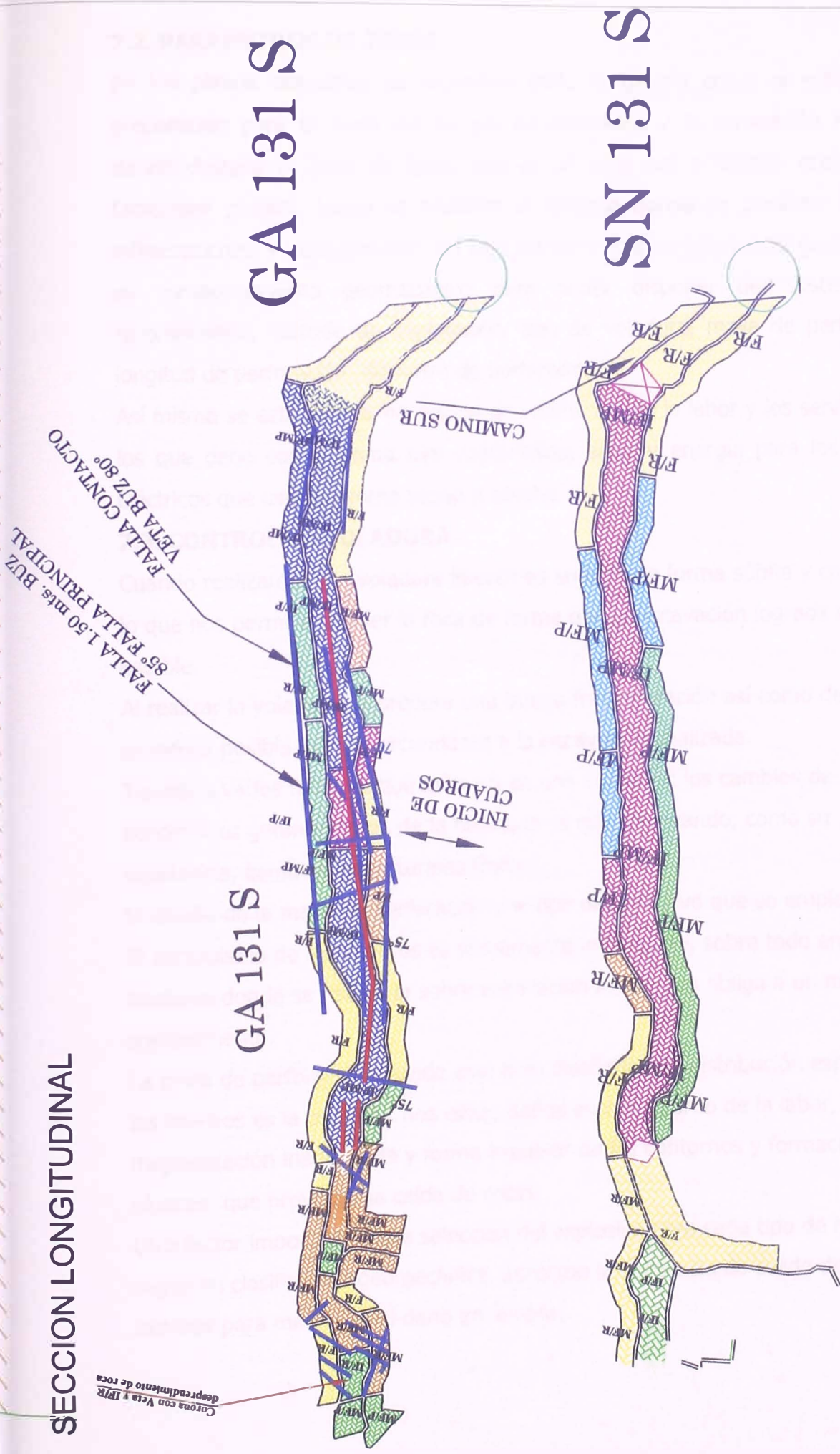
4253 m. s. n. m.



SECCION LONGITUDINAL



SECCION LONGITUDINAL



GA 131 S

SN 131 S



## **7.2. PARAMETROS DE TAJOS**

En los planos siguientes se muestran tanto la galería como el subnivel de preparación para el tajeo del bloque de Fastidiosa y la correlación realizada donde destaca la zona de fallas que es el lugar del accidente acaecido en Diciembre pasado, luego se muestra el formato donde se plasman todas la infraestructura y equipamiento del tajo así como sus características geológicas y su comportamiento geomecánico para poder disponer del sostenimiento recomendado, método de explotación, tipo de voladura, malla de perforación, longitud de perforación, diámetro de perforación.

Así mismo se establece la necesidad de ventilación de la labor y los servicios con los que debe contar como aire comprimido, agua y energía para los equipos eléctricos que usamos como scoop y winche.

## **7.3. CONTROL DE VOLADURA**

Cuando realizamos la voladura liberamos energía de forma súbita y controlada lo que nos permite romper la roca de forma que la excavación lograda sea estable.

Al realizar la voladura se procura una buena fragmentación así como de dañar lo menos posible la roca circundante a la excavación realizada.

Tenemos varios factores que influyen en una voladura; los cambios de condiciones geomecánicas de la roca que se esta excavando, como su resistencia, cambios estructurales (fallas).

El diseño de la malla de perforación y el tipo de explosivo que se emplea. El paralelismo de los taladros es sumamente importante, sobre todo en los hastiales donde se realiza la sobre excavación lo que nos obliga a un mayor sostenimiento.

La malla de perforación cuando esta bien diseñada y la distribución espacial de los taladros es la correcta, nos evita; daños en el contorno de la labor, fragmentación inadecuada y forma irregular de los contornos y formación de bloques, que provocan la caída de rocas.

Otro factor importante es la selección del explosivo para cada tipo de roca según su clasificación geomecánica, así como la secuencia de salida de los taladros para minimizar el daño en la roca.

## VETA FASTIDIOSA RAMAL IV R-131

### INFRAESTRUCTURA Y EQUIPAMIENTO DEL TAJEO

- ACCESOS:**  
El tajeo R - 131, cuenta con tres caminos .  
- Camino N, camino en el extremo norte del tajeo.  
- Camino Central , camino en el extremo norte del tajeo.  
- Camino S, Shute camino en el extremo sur del tajeo.
- ORE PASS:**  
Cuenta con dos ore pass uno con tolva al extremo Norte y el otro al centro, y un shute - camino al Sur.
- SERVICIOS:**  
Cuenta con instalaciones de tuberías para agua de perforación, aire comprimido, relleno hidráulico e instalacion de cable eléctrico p
- VENTILACIÓN:**  
Se tiene circuito de ventilación, pero la ventilación principal en esta zona aún no está definida por falta de chimeneas al nivel
- MINADO:**  
En este tajeo el minado en el lado Norte es con realce y en el lado Sur es en breasting, (perforación horizontal), con sostenimiento
- PERFORACIÓN:**  
Lado Norte : Perforación vertical en realce con burden de 0.8m. y espaciamento de 0.8m.  
Lado Sur : Perforación de taladros horizontales para tener control del techo de la labor.
- Longitud de los taladros 6 pies
  - Diámetro de los taladros 41 y 38 mm.
  - Burden 0.7 m
  - Espaciamento 0.8 m
- VOLADURA:**  
Se efectúa voladura controlada con la finalidad de tener el techo estable.  
En el lado Norte los taladros están 20 cm. dentro de la veta y paralelos al buzamiento de ésta.  
En el lado Sur los se efectúan taladros de contorno cada 40 cm. Tanto en la corona como en los hastiales.
- SOSTENIMIENTO:**  
De acuerdo al mapeo geomecánico, empleando las cartillas GSI, se ha determinado el sostenimiento indicado a continuación.
- ALA NORTE**
- Caja techo: F/R - MF/P, Split set 1.5x1.5 o puntuales
  - Caja piso: F/R - MF/P, Split set 1.5x1.5 o puntuales
  - Corona: F/MP, MF/P Puntuales con patilla, encribados.
- ALA SUR**
- Caja techo: F/R - MF/P, Cuadros de madera.
  - Caja piso: F/R - MF/P, Cuadros de madera.
  - Corona: IF/MP, Cuadros, encribados.
- Sostenimiento con cuadros luego de la limpieza del mineral roto.
- RELLENO:**  
Lado Norte: Concluida la limpieza se procede al relleno hidráulico hasta dejar una altura para perforación de 2.40 m.  
Lado Sur: Una vez concluido la rotura del tajeo en breasting, se procederá al relleno del tajeo, dejando una altura libre de 0.5 m.
- EQUIPOS:** En este tajeo se cuenta con el siguiente equipamiento:
- Lado Norte: Perforación: 01 perforadora Jack leg. Limpieza: 01 scoop eléctrico
  - Lado Sur: Perforación: 01 perforadora Jack leg. Limpieza: 01 winche eléctrico de 30 HP
- OBSERVACIONES:**
- Este tajeo va formar parte del conjunto 131 y los otros dos tajeos todavía estan en preparación.
  - En todo el Nivel 250 la ventilación es muy deficiente y alcanza concentraciones muy altas de CO.

# VETA FASTIDIOSA (RAMAL 4) R - 131

## INFORMACION TECNICA

PERSONAL POR TURNO	ACTIVIDAD	OP. WINCHE	PERFORISTAS	AYUDANTES	SCOOP	WINCHE	JACK LEG
	PERFORACION		2	2			
	LIMPIEZA	1					
	SOSTENIMIENTO		1	1			
	SERVICIOS						
7	HOMBRES	1	3	3			

EQUIPO	PERFORACION (Perf. SECO)						
	LIMPIEZA (Winche de 30 HP)				1	1	2

INFORMACION GEOLOGICA				INFORMACION GENERAL	
ANCHO DE VETA	m	1.39	VPT	39.57 \$/ton	
ANCHO DE MINADO	m	1.84	ALTURA - CORTE	3.02 m	
LONG. DE MINADO	m	150	ALTURA DE TAJO	m	
AREA DE MINADO	m <sup>2</sup>	276	CAMINOS	3 und	
PRODUC. PROG	ton	1,800	ORE PASSES	2 und	
LEYES			COTA INICIAL (piso)	m	
%Pb	0.90	%Cu	0.39	COTA ACTUAL (piso)	m
%Zn	3.63	Ag (gr)	192.93		

### INDICADORES OPERATIVOS (Junio)

PERFORACION	Perf/mes	450 Taladros	PiesPerf/ ton	2.29
	Veloc.perf.	12.99 m-perf/hr	Ton/tal	2.62

VOLADURA	kg/ton	0.50	P.e. (min)	3.3
	kg/m <sup>3</sup>	1.65		

SOSTENIMIENTO	Split set	4, 6 y 8 pies
	Malla Elect.	10 cm x 10 cm
	Puntales	6 y 8 pulg. de diam.

LIMPIEZA	PRODUCTIVIDAD	
	EST 1.0 yd <sup>3</sup>	11.25 ton/hr
	Personal	3.24 ton/h-gdia.

### COMENTARIOS :

- 1 A partir del mes de Enero este tajeo se está explotando con perforación breasting y voladura controlada, por las condiciones del terreno.
- 2 Este tajeo formará parte del conjunto 131, por lo que está en proceso la ejecución de la infraestructura el el resto de labores que formarán parte del conjunto.
- 3 El sostenimiento a emplearse en el lado Sur debe ser obligatoriamente cuadros de madera.
- 4 Aún no se cuentan con indicadores en este tipo de tajeos.
- 5 La Seguridad es un aspecto que no debe descuidarse en esta labor debido antecedentes de desprendimiento de roca de grandes magnitudes.
- 6 La perforación y voladura son aspectos en los que se trabajará para garantizar una operación segura. (empleo de perforación de contorno y voladura controlada), para cual CMH debe proveer de dinamita de 45% (pulverulenta) a los polvorines.

## **CAPITULO VIII**

### **8. ELEMENTOS DE CONTROL Y SUPERVISION**

#### **8.1. COMITÉ AUDITOR**

Este comité se forma con el objetivo de reforzar el control y seguimiento a las actividades geomecánicas que llevan a cabo en interior mina en las diferentes labores de explotación y preparación y principalmente el disminuir la incidencia de accidentes por desprendimiento de roca.

Integran este comité esta integrado por ingenieros de Operaciones Mina, Planeamiento, Geología, Seguridad y la Empresa Especializad IESA S.A., los cuales se encargan de auditar en función de los siguientes parámetros;

1. Conocimiento y aplicación correcta de las tablas geomecánicas, diseñadas para la mina, a todo el personal que trabaja en interior.
2. Determinación del soporte adecuado y su colocación oportuna en base a dichas tablas.
3. Grado de motivación y participación en estas actividades de todo el personal.
4. Medidas de control para el desprendimiento de roca.

La evaluación durante la auditoria estará basada en los siguientes aspectos:

#### **1. Control Geomecánico**

- Personal responsable
- Personal de apoyo

#### **2. Control de sostenimiento**

#### **3. Control del Jefe de Zona**

Para el cumplimiento cabal y oportuno del control de desprendimiento de roca, mediante el sostenimiento adecuado se deben reunir un conjunto de factores que ayudaran a este objetivo, como son:

El aspecto logístico con el abastecimiento oportuno y de los materiales requeridos, como son split set, malla electro soldada, pernos helicoidales, resinas, o cemento embolsado, puntales de madera.

En lo operativo, mejorar la voladura llevando a cabo un plan de acción en controlar o mitigar el efecto del explosivo en las coronas de las labores y utilizando el explosivo adecuado a cada tipo de roca.

Planeamiento debe tomar en cuenta el tipo de roca para toma la mejor decisión en cuanto al diseño de labores y el método de explotación adecuado a la clasificación geomecánica del macizo rocoso.

Seguridad debe hacer el control, elaboración e interpretación de las estadísticas que revelen la mejora o no de la aplicación de la geomecánica en la mina, esto se reflejará en el decrecimiento de los accidentes por caída de roca, mejores rendimientos y ahorro al mejorar los controles en las labores.

Este comité apoyará al Departamento de Seguridad en el control y mitigación del riesgo del desprendimiento de roca.

Se realizan reuniones mensuales para evaluar la evolución del control auditor en las labores y por zonas ara verificar las medidas correctivas que han tomado en las labores auditadas, en esta reunión se analizan y clasifican las labores de acuerdo a la oportunidad del soporte y se determinan si las labores son:

- Condición estable o sostenida.
- Condición crítica o no sostenida en limite de su tiempo de auto soporte.
- Condición de riesgo o aún no sostenida a pesar de haber excedido el límite de tiempo de auto soporte.

El comité recomienda, modifica, implementa para el mejoramiento de la aplicación de los principios de la geomecánica que incluyen, mejorar las tablas geomecánicas, las condiciones operacionales, apoyo logístico, capacitaciones, y en la ejecución.

El objetivo de toda esta implementación en Huarón es tener cero accidentes fatales, objetivo que ya no es posible alcanzar porque ocurrió un accidente fatal en la zona Sur en la Rp. 965, caso que explicaremos a continuación, para recoger enseñanzas de este accidente.

Se tiene un formato de auditoria geomecánica el que se podrá hallar en la zona de anexos, así como un informe del comité auditor en el cual se expresan claramente los objetivos de las reuniones mensuales del comité.

## **8.2. AUDITORIAS GEOMECHANICAS**

Estas son realizadas como parte de las medidas de control del comité auditor y tienen como responsables al ingeniero geomecánico de Huarón, Jefe de Zona de Huarón, Jefe de Zona de la Empresa Especializada.

Se realizan de acuerdo a un programa elaborado por el Departamento de Seguridad en coordinación con el comité auditor y tiene fecha establecida, en esta auditoria como se describió antes nos sirve para detectar el agrado de conocimiento del personal, supervisores y jefes de guardia así como de la aplicación correcta del mapeo geomecánico y del sostenimiento oportuno.

La calificación de esta auditoria nos permitirá clasificar a la labor en el status correspondiente, como de alta, media o baja criticidad y tomar las medidas remediales inmediatamente.

## AUDITORIA INTERNA DE GEOMECANICA

FECHA DE AUDITORIA \_\_\_\_\_  
PARTICIPANTES \_\_\_\_\_

LABOR: \_\_\_\_\_

CONTROL GEOMECANICO	REFERENCIAS Y NOTAS
<p><b>PERSONAL RESPONSABLE (20 PUNTOS):</b></p> <p>¿Conoce y aplica en forma correcta los conceptos integrales de las tablas de sostenimiento? (04) ( )</p> <p>¿Realiza el llenado permanente de los partes diarios y el mapeo geomecánico en forma correcta? (04) ( )</p> <p>¿Hace anotaciones, recomendaciones y seguimiento de los resultados del mapeo geomecánico y del parte diario? (04) ( )</p> <p>Capacita y motiva a su personal en el conocimiento y aplicación del concepto geomecánico en forma permanente? (04) ( )</p> <p>¿Coordina y comunica a mayor nivel, decisiones de riesgo geomecánico que debe tomar? (04) ( )</p>	
<p><b>PERSONAL DE APOYO (20 PUNTOS)</b></p> <p>¿El personal de apoyo está informado, capacitado y motivado de las actividades geomecánicas? (04) ( )</p> <p>¿Cual es el grado de conocimiento y aplicación de los conceptos geomecánicos, uso de la tabla, entendimientos, dudas, etc.? (04) ( )</p> <p>¿Entiende, aplica y discute la información contenida en los partes diarios, mapeos geomecánicos y check list en los frentes? (04) ( )</p> <p>¿Conoce el procedimiento de colocación de los elementos de soporte? (04) ( )</p>	
<p><b>CONTROL DEL SOSTENIMIENTO (40 PUNTOS)</b></p> <p>¿Se cumple estrictamente con determinación las recomendaciones de los planos Geomecánicos con respecto al tipo de soporte a colocar? (05) ( )</p> <p>¿Se cumple estrictamente y con determinación las recomendaciones de los tiempos de colocación de los soportes recomendados según el mapeo geomecánico y parte diario? (05) ( )</p> <p>¿Se cumple estrictamente y bajo control las especificaciones técnicas de colocación del soporte recomendado? (05) ( )</p> <p>¿Se cumple estrictamente con los procedimientos de colocación de soporte recomendado (incluyendo pruebas de calidad)? (05) ( )</p> <p>¿Se realiza en forma permanente el seguimiento de la colocación y procedimiento de los soportes? (05) ( )</p> <p>¿Existen las condiciones adecuadas permanentemente para colocar los soportes? (05) ( )</p> <p>¿Existen y están operativos los equipos, herramientas y materiales requeridos para colocar el soporte? (05) ( )</p> <p>¿Existe soporte preventivo o se tiene conocimiento de su aplicación y colocación? (05) ( )</p>	
<p><b>CONTROL DEL JEFE DE ZONA (20 PUNTOS):</b></p> <p>¿Tiene al día y es correcta su auditoría semanal? (05) ( )</p> <p>¿Conoce y capacita a todo personal a su cargo sobre las aplicaciones geomecánicas en forma correcta y oportuna? (05) ( )</p> <p>¿Apoya y soluciona los problemas que se presentan en las labores con respecto a la aplicación de los conceptos geomecánicos? (05) ( )</p> <p>¿Informa a la Superintendencia y a sus jefes de guardia del seguimiento y condiciones de los resultados de la aplicación de los conceptos geomecánicos? (05) ( )</p>	
<p><b>PUNTAJE OBTENIDO</b> TOTAL (05) ( )</p>	

**NOTAS Y CONFORMIDAD**


## 9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La identificación correcta del tipo de roca en una labor y la aplicación del sostenimiento adecuado y oportuno nos permitirá un mejor y más seguro trabajo.
- La realización del mapeo geomecánico desde el nivel de los trabajadores es un logro que se ha conseguido en Huarón y que ayuda de manera fundamental en mejorar nuestra minimización del riesgo de caída de rocas.
- El trabajo en la geomecánica a todo nivel nos permitirá un mejor control de los factores que provocan el desprendimiento de roca y como consecuencia menos accidentes por caída de rocas.
- El uso de las tablas geomecánicas en Huarón desde los trabajadores, hace de esta mina la única en el país que toma la geomecánica desde la base para una identificación temprana y oportuna de las zonas que están en peligro de caída de roca, procurando una acción remedial rápida.
- La continua capacitación con el personal a todo nivel permite que la aplicación de la geomecánica en Huarón mejore y forme parte del trabajo diario y conciente de los trabajadores.
- Existe en las cajas de las labores sean estas de explotación o desarrollo daño excesivo provocado por la voladura.
- Prohibir el realce de labores de desarrollo sin antes haber establecido un planeamiento de minado.
- Adquirir instrumentación para mediciones e implementar software para un mejor control de esfuerzos.
- El trabajo del Comité Auditor debe ser constante y permanente no sólo en casos de emergencia, como un accidente fatal.



- Las auditorias geomecánicas deben tener un cronograma mensual establecido y respetarse.
- El comité auditor debe reunirse semanalmente para realizar sus evaluaciones y recomendaciones de forma oportuna en el tiempo.
- La capacitación del personal debe ser continua y realizarse en las labores de forma práctica.
- Implementar la determinación del R.Q.D. en los testigos de logeo de las perforaciones diamantinas que se realizan en Huarón mediante el Departamento de Geología, para ser utilizados en el diseño de las labores y conocer las futuras necesidades de sostenimiento, se esta perdiendo valiosa información.
- En los tajeos o labores de explotación cuando las condiciones geomecánicas de la veta son mejores que la roca encajonante es recomendable dejar un escudo de protección de mineral de 0.5 m de espesor, lo que nos ayudará al soporte de la labor, si la veta tuviera un buzamiento fuerte, sería la caja techo la mejor zona de aplicación.
- En la explotación de los tajeos tener en cuenta la clasificación geomecánica desde la galería base para poder correlacionarla con el subnivel de preparación y tener la mejor alternativa de explotación.
- Necesariamente se debe tener en cuenta el mapeo geomecánico de las labores para tener el stock suficiente para poder llevar a cabo la explotación del tajo en forma exitosa.
- Se encuentra en proceso un estudio para definir un estándar de voladura según el factor de carga versus la calidad de roca. Antes de realizar la voladura tener en cuenta la condición geomecánica de la roca para la correcta elección del explosivo, el tipo de voladura y la cantidad de explosivo a utilizar por cada taladro.

- Se recomienda que en Huarón existan diferentes tipos de explosivos para no dañar la roca circundante de las labores, en estos momentos solo se cuenta con Anfo y dinamita de 65% de potencia, explosivos que no nos permiten mejorar sustancialmente la voladura.
- Realizar voladura controlada de contorno tanto en labores de avance como de explotación.

## 9.1. Referencias Bibliográficas

Bieniawski, Z.T. 1989. *Engineering rock mass classifications*. New York: Wiley.

Córdova Rojas David. *Curso Mecánica de Rocas*, Universidad Nacional de Ingeniería - UNI, Lima, Perú – 2001.

De la Sota Gaither. *Curso de Seguridad en Minería Subterránea*, Lima 1999

González de Vallejo Luis, Ferrer Mercedes, Otuño Luis, Oteo Carlos. *Ingeniería Geológica*, Madrid 2002.

Hoek, E, Kaiser, P.K. and Bawden W.F. entitled *Support of Underground Excavations in Hard Rock, 1995*

Hoek, E. and Brown, E.T. Practical estimates of rock mass strength. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* Vol. 34, No. 8, pp 1165-1186, 1995.

Hutchinson Jean. , Diederichs Mark., *Cable bolting in Underground Mines*

Robles Espinoza Nerio. *Excavaciones y Sostenimiento de Túneles en Rocas*, Concytec, Lima 1994.

Vallejo Carlos. *Curso Práctico de Geomecánica Elemental Y Sostenimiento Aplicado a Minas Subterráneas*.

## **9.2. ANEXOS**

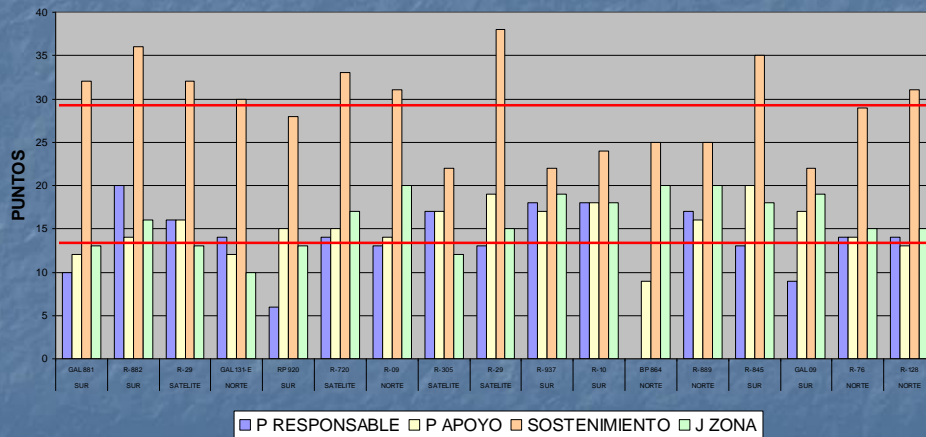
### **9.2.1. COMITÉ AUDITOR**

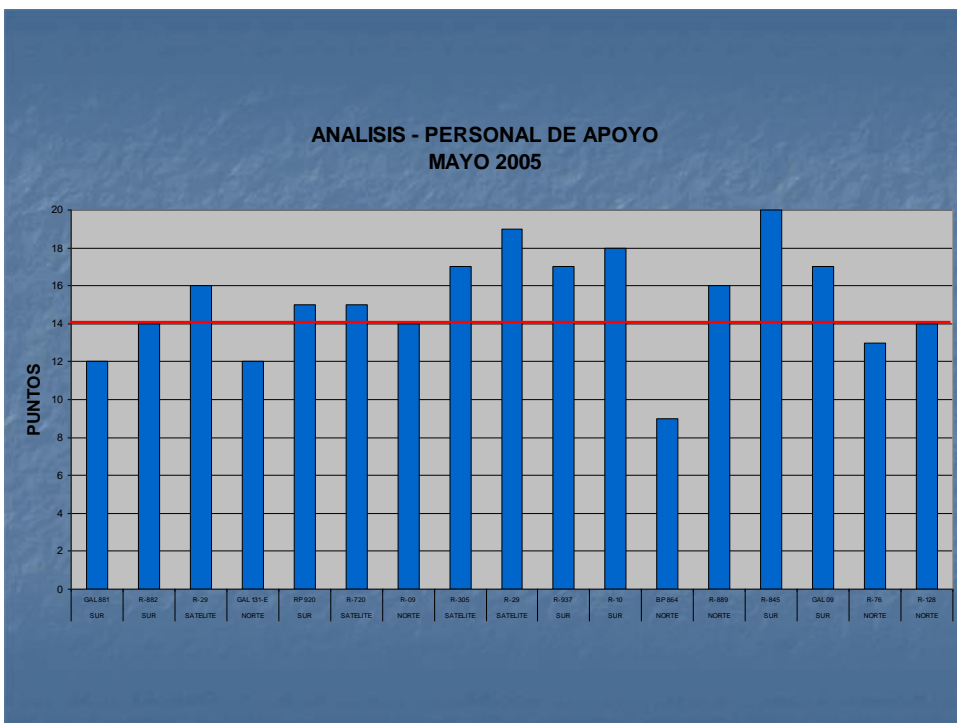
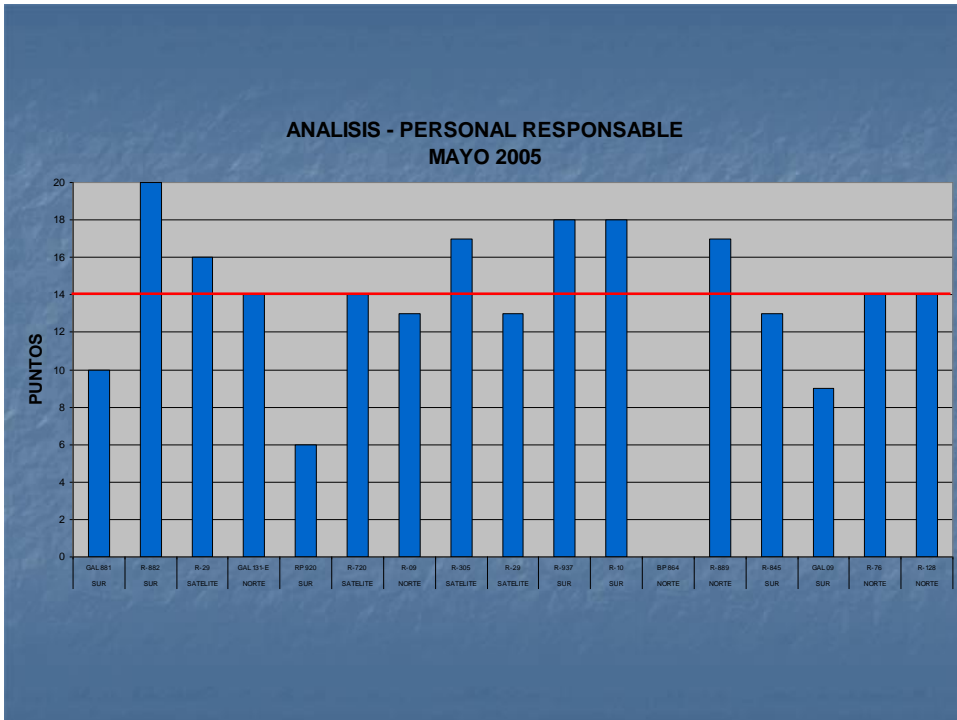
# COMITE DE AUDITORIA GEOMECANICA

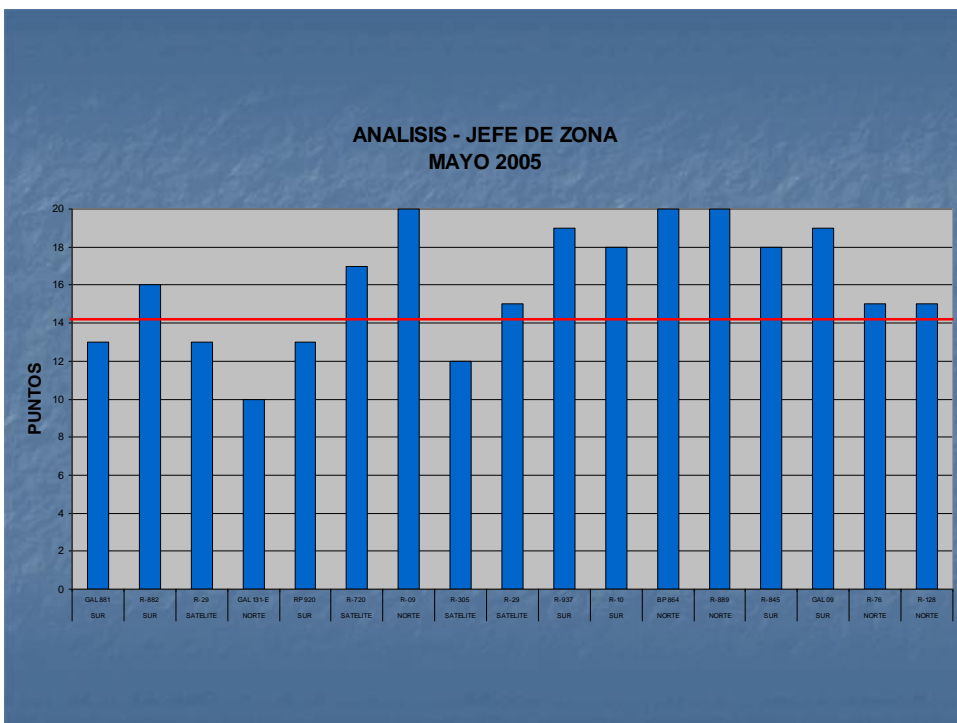
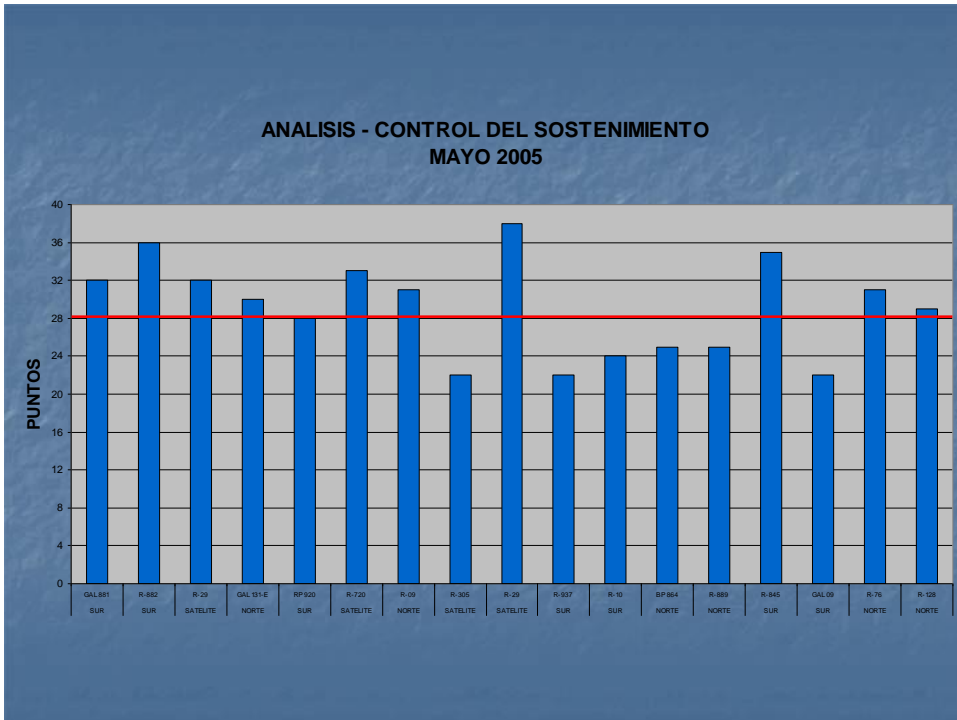
MAYO 2005

COMPAÑIA MINERA  
HUARON

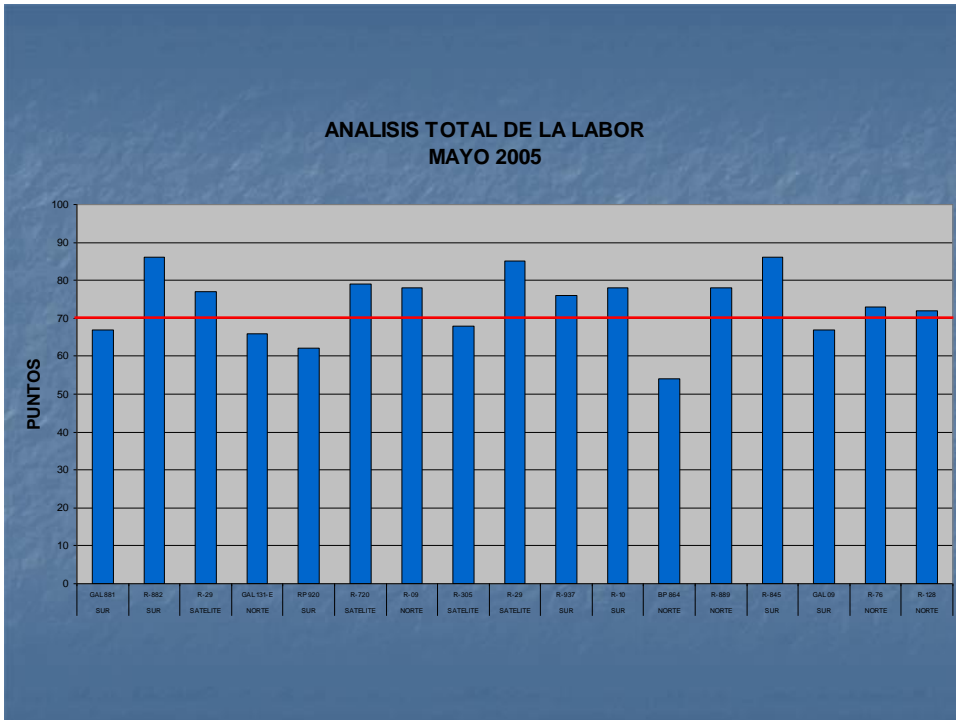
AUDITORIA GEOMECANICA - DATOS TOTALES  
MAYO 2005











## RESUMEN

	APROBADAS	NO APROBADAS
PERSONAL RESPONSABLE	10	7
PERSONAL DE APOYO	13	4
CONTROL DE SOSTENIMIENTO	11	6
CONTROL DE JEFE DE ZONA	12	5
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>6</b>

## CONCLUSIONES

- LA EJECUCION DE LAS AUDITORIAS, SE VIENE CUMPLIENDO DE MANERA EFECTIVA, CON LA COLABORACION DE LOS RESPECTIVOS JEFES DE ZONA Y LA SUPERINTENDENCIA DE MINA.
- SE NOTA UNA PREOCUPACION POR PARTE DEL PERSONAL TANTO DE SUPERVISORES COMO DE APOYO EN LO REFERENTE A LOS TRABAJOS DE GEOMECANICA.
- LOS RESULTADOS AUN NO PRESENTAN UNA CLARA TENDENCIA, NOTANDOSE ALTIBAJOS EN DISTANTAS LABORES Y EN LAS DIFERENTES ZONAS.
- LA LABOR CON MENOR PUNTUACION EN EL MES DE MAYO HA SIDO EL BP-864 ZONA NORTE CON 54% .
- SE HA DETECTADO DEFICIENCIAS DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS, LAS CUALES EN MUCHOS CASOS DIFICULTAN LA EJECUCION CORRECTA DEL SOSTENIMIENTO, Y LA COLOCACION OPORTUNA DEL MISMO.
- DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS, EL PERSONAL DE APOYO PRESENTA UN MAYOR PORCENTAJE DE APROBACIONES (77%) CONTRA (59%) DE LOS SUPERVISORES.

## CONCLUSIONES

- AUN SE APRECIA, POR PARTE DE ALGUNOS SUPERVISORES DE MINA, UN INADECUADO EMPLEO DE LAS HERRAMIENTAS DE GESTION DE GEOMECANICA (Parte Diario de Geomecánica, Plano Geomecánico y Tabla GSI).
- EN PARTE DE LAS LABORES AUDITADAS SE HA APRECIADO QUE NO SE HA INSTALADO EL SOSTENIMIENTO INDICADO O RECOMENDADO, INSTALANDOSE UN SOSTENIMIENTO MENOR O MAYOR.
- FALTA COMPLETAR EL PROCESO DE CAPACITACION IN-SITU AL PERSONAL DE APOYO, QUE RECIEN INGRESA A MINA, EL CUAL DEBIERA SER EJECUTADO POR LA SUPERVISION DE MINA, CAPATACES Y MAESTROS.

### **9.2.2. INFORMES INTERNOS Y EXTERNOS**

## INFORME AUDITORIA GEOMECANICA

FECHA : 12/07/05

ZONA : NORTE

RESPONSABLES : Ing. Elvis Gutierrez  
Ing. Juan Huaranca  
Ing. Gustavo Pedraza

PARTICIPANTES : Sup. A. Carhuachin  
Sup. K. Rios  
Huamán Huarca  
Fabian Sanchez

LABORES AUDITADAS : By Pass 885 Nv 250

PUNTAJES OBTENIDOS : 80 % ✓

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- Se encontró algunas deficiencias en el mapeo geomecánico realizado: El terreno en un tramo había sido calificado MF/R siendo M-F/B. El factor influyente de una falla se le estaba aplicando a un tramo largo.
- El personal de apoyo se encuentra capacitado e informado de las actividades geomecánicas.
- Respecto al nivel del conocimiento teórico del personal de apoyo, se denota también bastante capacitación. Aun así se recomienda continuar las capacitaciones para mejorar aun más el nivel del personal.
- Se encontró deficiencia en la colocación del sostenimiento: el soporte a colocar en un tramo, era sistemático pero se encontró los pernos con distintas direcciones y espaciamientos, placas sueltas y pernos demasiado salidos. Se menciona que el asunto de placas sueltas era por la colocación de malla en zona de falla, mas la carga ya estaba retirada y se continuaba el avance.
- Mencionando todo esto, cabe agregar que no hay un seguimiento al sostenimiento aplicado a la labor.
- Respecto a materiales y herramientas el personal informa no tienen dificultades en la actualidad. El Ing. de Contrata manifiesta si bien esto es cierto, hay problemas a medida que se acerca fin de mes, debido a escasez de materiales y se empieza a utilizar materiales de otros tajos.
- En lo que respecta al Jefe de zona, en la evaluación aparece un vacío de información, sucediendo que este cuando se encuentra de días libres, no hay supervisor que mantenga la continuidad en el seguimiento en los puntos a evaluar. En el puntaje aplicado para este punto, se utilizó el de las fechas pasadas en que estuvo en la unidad.

Atte.

Gustavo M. Pedraza C.

Dpto. de Geomecánica – Huarón



# AUDITORIA GEOMECANICA

(Para uso exclusivo del Comité Auditor de Geomecánica)

Fecha de auditoria: 2-07-05

Labor: 3y, 1/2, 885

Participantes: HUMANI, MARCA, PADIAN, BARRERA, ING. E. GUTIERREZ, ING. P. GONZALEZ, PEDROZA, ING. S. HUARIANCA, SUP. K. RIOS, SUP. A. CARRASQUIN

CONTROL GEOMECANICO	REFERENCIAS Y NOTAS
<p><b>PERSONAL RESPONSABLE (15 PUNTOS):</b>      <u>PUNTOS</u>    <u>REAL</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Conoce y aplica en forma correcta los conceptos integrales de las tablas de sostenimiento? (05) (04)</li> <li>¿Realiza el llenado permanente de los partes diarios y el mapeo geomecánico en forma correcta? (04) (02)</li> <li>¿Capacita y motiva a su personal en el conocimiento y aplicación del concepto geomecánico en forma permanente? (03) (03)</li> <li>¿Coordina y comunica a mayor nivel, decisiones de riesgo geomecánico que debe tomar? (03) (03)</li> </ul> <p><b>PERSONAL DE APOYO (15 PUNTOS):</b>      (17)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿El personal de apoyo está informado, capacitado y motivado de las actividades geomecánicas? (04) (03)</li> <li>¿Cuál es el grado de conocimiento y aplicación de los conceptos geomecánicos, uso de la tabla, partes diarios, mapeos geomecánicos y check-list en los frentes? (04) (04)</li> <li>¿Conoce las especificaciones técnicas y los procedimientos para la colocación de los elementos de soporte? (07) (04)</li> </ul>	<p>← falta de tabla.</p> <p>← crece pero no crece</p>
<p><b>CONTROL DEL SOSTENIMIENTO (50 PUNTOS):</b>  <del>MF/R - MF/B</del></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Se cumple estrictamente con determinación las recomendaciones de los planos geomecánicos con respecto al tipo de soporte a colocar? (10) (07)</li> <li>¿Se cumple estrictamente y con determinación las recomendaciones de los tiempos de colocación de los soportes recomendados según el mapeo geomecánico y parte diario? (15) (15)</li> <li>¿Se cumple estrictamente y bajo control las especificaciones técnicas de colocación del soporte recomendado? (05) (00)</li> <li>¿Se cumple estrictamente con los procedimientos de colocación de soporte recomendado (incluyendo pruebas de calidad)? (05) (03)</li> <li>¿Se realiza en forma permanente el seguimiento de la colocación y procedimiento de los soportes? (05) (02)</li> <li>¿Existen las condiciones adecuadas permanentemente para colocar los soportes? (05) (05)</li> <li>¿Existen y están operativos los equipos, herramientas y materiales requeridos para colocar el soporte? (05) (05)</li> </ul>	<p>← Se usó light + otros puntos ocultos</p> <p>← No está cumplido en los puntos controlados</p> <p>← No hay seguimiento</p> <p>← h. no tiene abastecimiento de toda la brecha</p>
<p><b>CONTROL DEL JEFE DE ZONA (20 PUNTOS):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Realiza en forma correcta su auditoria geomecánica semanal e informa sus resultados? (08) (08)</li> <li>¿Conoce y capacita a todo personal a su cargo sobre las aplicaciones geomecánicas en forma correcta y oportuna? (05) (05)</li> <li>¿Apoya y soluciona los problemas que se presentan en las labores con respecto a la aplicación de los conceptos geomecánicos? (07) (05)</li> </ul>	<p>← No se ve la presencia en grado real a cargo en un día libre. h. Ly. Sep. 2/05</p> <p>← h. no realiza las actividades</p>
<p><b>PUNTAJE OBTENIDO:</b>      Total (100)      80%</p>	

**NOTAS Y CONFORMIDAD:**

- El jefe de zona manifestó problemas en función de los resultados.

*(Signatures and stamps)*

P.C.G.

Huarón, 18 de Marzo del 2005

Señores

**COMPANIA MINERA HUARON S.A.**

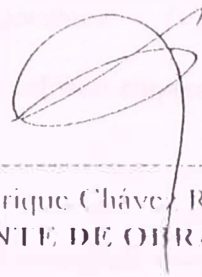
Presente

**ATENCIÓN:** Ing. Carlos Trillo Medrano  
Superintendente de Mina - CMH

Por la presente se hace de su conocimiento que bajo los continuos reportes de desprendimiento de rocas en la Rampa 920, se ha efectuado la evaluación Geomecánica determinándose mejorar, reemplazar el sostenimiento existente y colocar sostenimiento en algunos tramos que no cuentan, de acuerdo a los planos geomecánicos adjuntos, para lo cual se adjunta también los el detalle del área total a sostener, y los materiales requeridos para la ejecución del sostenimiento recomendado.

Esperando la evaluación y aprobación del sostenimiento mencionado quedamos de Usted.

Atentamente



Ing. Enrique Chávez Rozas  
RESIDENTE DE OBRA - IESA

cc

Seguridad CMH  
Geomecánica CMH  
Planeamiento de CMH  
Coordinador de Obra - IESA  
Jefe Zona Sur - IESA

## EVALUACION DE LAS CONDICIONES GEOMECAICAS RAMPA 920 - ZONA SUR

### Introducción

La Rampa 920, es una vía de acceso para el personal, vehículos, equipos y de extracción de mineral, presenta condiciones subestándares, por caída y desprendimiento de roca, originando peligros físicos.

Esta labor de desarrollo, tiene características geológicas y geomecánicas desfavorables, se ha usado como elementos de sostenimiento, mallas electrosoldadas, pernos sistemática y puntuales, cimbras metálicas cubierta con planchas acanaladas, shotcrete.

Con fecha 16.03.05, Ing. Pedro Samané Tuni, Geólogo-Geomecánico de la empresa Especializada IESA S. A. ha realizado la evaluación de las condiciones geomecánicas de la Rampa 920. Zona Sur.

### CONDICIONES GEOMECAICAS DE LA LABOR

Según la evaluación geológica y geomecánica, el área excavada, está afectada por fallas subverticales y otras longitudinales, con buzamientos  $70^\circ$  y  $85^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $55^\circ$  y  $60^\circ$ , respectivamente, se encuentran algunas abiertas, rellenas por carbonatos, panizo, originando desprendimiento de roca.

Las fracturas ubicadas entre las fallas se encuentran abiertas en su mayoría, que inicialmente estaban rellenas por carbonatos y son subverticales, que al unirse a una falla forman cuñas desfavorables.

En la evaluación se ha encontrado orientaciones desfavorables de las discontinuidades con buzamientos de  $50^\circ$  y  $55^\circ$ .

La mayor cantidad de desprendimientos de fragmentos de rocas se originan de los hastiales y parte de la corona, por alteración, meteorización, relajamiento, concentración de esfuerzos en determinados puntos y por efectos de voladura de las labores adyacentes.

Las condiciones y estructuras del basamento rocoso, ha sido evaluado empleando la nueva tabla geomecánica proporcionada por C.M.H.

### CONDICION ACTUAL DE SOSTENIMIENTO

Las medidas de sostenimiento empleadas, están afectadas por la oxidación, en tramos la malla esta soportando fragmentos de roca desprendidas del sector de la bóveda.

El sostenimiento con shotcrete, en tramos se originan desprendimiento de capa de shotcrete, por estar aplicada sobre roca alterada con oxido y/o carbonatos, sin malla, principalmente en los hastiales.

Los pernos están efectuando sostenimiento de cuñas de roca, producto de la intersección de las fracturas con las fallas del basamento rocoso, aún quedan fracturas que no han sido empernados y con relleno de carbonados, que se desprenden mayormente de los hastiales.

El mayor desprendimiento de roca se origina en los hastiales, por que no tienen ningún tipo de sostenimiento.

### MEDIDAS CORRECTIVAS A EMPLEAR

Las estructuras y las condiciones geomecánicas, están dadas en el mapeo geomecánico y como resultado de ésta, se requiere aplicar como sostenimiento definitivo, shotcrete con malla electrosoldadas, en zonas con desprendimiento capas de shotcrete, y los hastiales donde no hay ningún tipo de sostenimiento inicial, el espesor a aplicar es de 5 cm., el empleo de dramix será opcional.

### PROCEDIMIENTO PARA LA APLICACIÓN DE SOSTENIMIENTO DEFINITIVO (SHOTCRETE).

1. Lavado de la sección excavada
2. Desatado de los bloques de roca, en proceso de desprendimiento
3. Preparación e instalación de andamios  
4. corregir las mallas con cargas desprendidas y apegar bien la malla hacia el macizo rocoso.
5. Instalación de los equipos y accesorios para aplicación del shotcrete.
6. Instalación de calibradores del espesor de shotcrete.
7. Aplicar el sostenimiento definitivo Shotcrete por un espesor de 5 cm, sobre el área con mallas electrosoldadas .
8. Aplicar el sostenimiento definitivo, Shotcrete con malla por un espesor de 5 cm.
9. En caso de presencia de agua y/o filtración de agua, perforar drenes de captación con el objetivo de minimizar la presión hidrostática.
10. Retiro de las instalaciones, andamios, equipos y accesorios.
11. Orden y Limpieza de la labor.
12. Definir horario de aplicación de shotcrete por baja presión de aire y tránsito de vehículos

### CONCLUSIONES.

- La aplicación del sostenimiento definitivo mediante shotcrete, se efectuará en los tramos sostenidos con mallas, pernos y shotcrete en desprendimiento.
- El agua a utilizar para la aplicación de shotcrete debe tener un PH 7.
- Es muy importante cumplir con los procedimientos indicadas en este informe.
- Hay una longitud de 210.00 metros por completar con shotcrete, sostenimiento definitivo.
- En el cuadro se indica, el sostenimiento actual, definitivo a emplear y la condición actual.
- Se adjunta los planos geomecánicos de la RP 920, Zona sur.



TABLA DE MEDIDAS CORRECTIVAS DE SOSTENIMIENTOS RP- 920 ZONA SUR

E. E. IESA S.A. - MINA HUARON - 16.03.05

Por Ing. Pedro Samané T.

PROGRESIVAS			SOSTENIMIENTO ACTUAL	SOSTENIMIENTOS A APLICAR			CONDICION ACTUAL Y TRABAJOS A REALIZAR
DE	A	TRAMO Mts.		HASTIAL IZQUIERDO	BOVEDA	HASTIAL DERECHO	
0+ 0	0+ 10	10.00	SHOTCRETE	M+P-Sh	M+P+Sh	M+P-Sh	Desprendimiento, lavado desatado y sostenimiento
0+ 10	0+ 19	9.00	SHOTCRETE	M+P+Sh	M+P+Sh	M+P+Sh	Fisuras, desprendimiento, lavado, desatado y sost.
0+ 19	0+ 27	8.00	CIMBRAS				
0+ 27	0+ 57	30.00	SHOTCRETE	M+P+Sh	M+P+Sh	M+P+Sh	Fisuras, desprendimiento, lavado, desatado y sost.
0+ 57	0+ 79	22.00	MALLAS	M+P-Sh	P+Sh	M+P+Sh	Lavado, desatado, descargar y sostenimiento
0+ 79	0+ 102	23.00	PERNOS	M+P+Sh	M+P+Sh	M+P-Sh	Lavado, desatado y sostenimiento
0+ 102	0+ 140	38.00	MALLAS	M+P+Sh	P+Sh	M+P+Sh	Lavado, desatado, descargar y sostenimiento
0+ 140	0+ 149	9.00	SHOTCRETE	M+P+Sh			Fisuras, lavado, desatado y sostenimiento
0+ 149	0+ 184	35.00	CIMBRAS				
0+ 184	0+ 205	21.00	MALLAS	M+P-Sh	P+Sh	M+P+Sh	Lavado, desatado, descargar y sostenimiento
0+ 205	0+ 215	10.00	CIMBRAS				
0+ 215	0+ 220	5.00	SHOTCRETE				
0+ 220	0+ 268	48.00	MALLAS	M+P-Sh	P+Sh	M+P+Sh	Lavado, desatado, descargar y sostenimiento

LEYENDA

M = Malla

P = Perno

Sh = Shotcrete

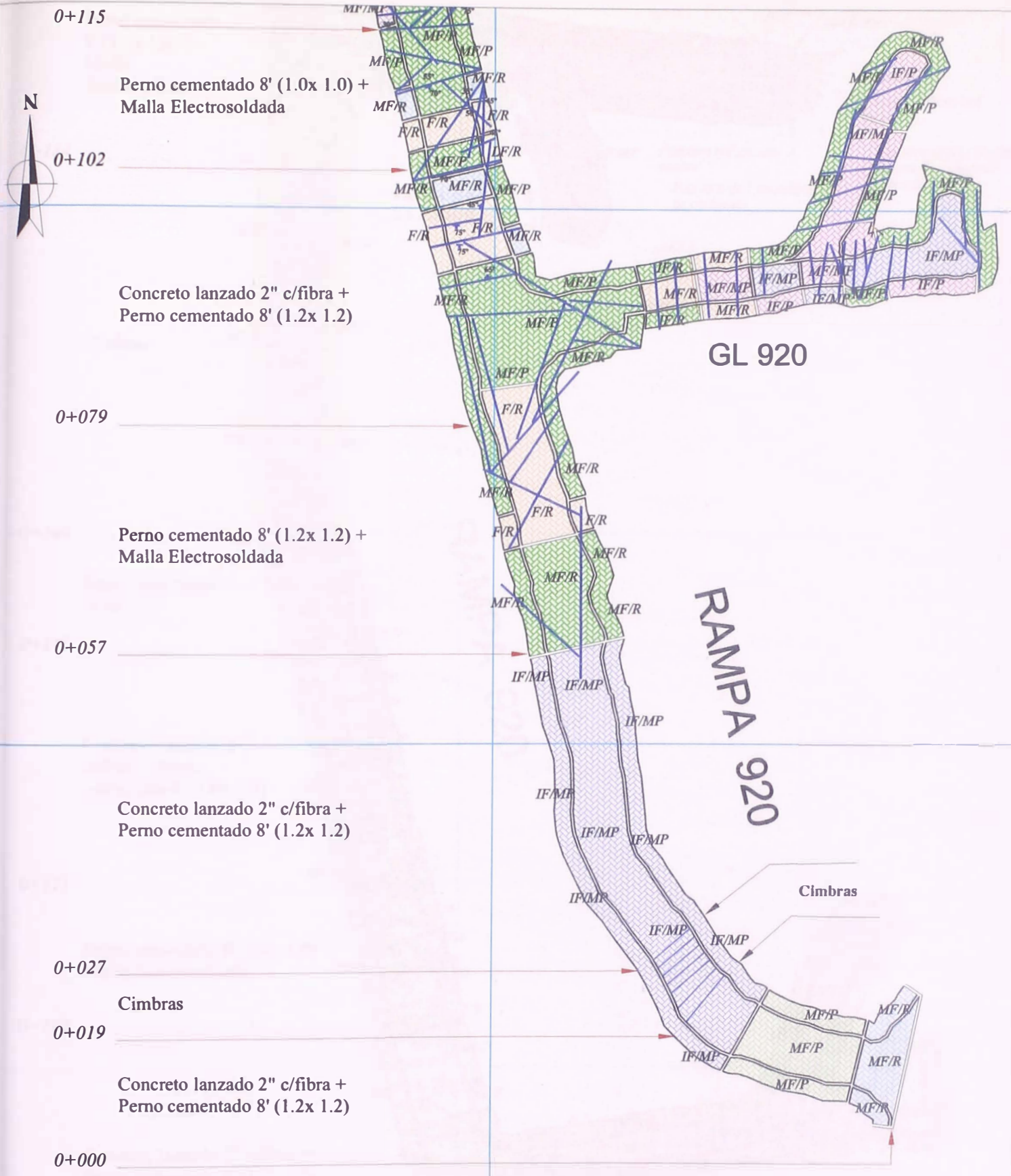
EQUIPOS

01 Mezcladora

01 Shotcretera

Máquinas de perforar

ELEMENTOS DE SOSTENIMIENTO		MATERIALES		DOSIFICACION	
Shotcrete	= 210.00 m3	Arena	= 210 m3	1 m3 arena	= 10 bolsas cemento
Longitud Malla	= 1506 m2	Cemento	= 2100 bolsas	1 m3 arena	= 10 KI. Dramix opcional
Ganchos	= 2260 unidades	Dramix	= Opcional	1 m3 de agua	= 4 G! Aditivo faseret
Pernos helicoidales	= 1254 unidades	Aditivo acelerante	= 340 gal		
Cemento encanuchado	= 11260 unidades	Calibrador	= 5670 unidades		



	CALIDAD DE ROCA	TIEMPO DE COLOCACION
A	SIN SOPORTE - PERNO OCASIONAL a) LF/B, LF/R, LP/P, F/B, F/R, MF/B b) LF/B, LF/R, F/B	5 años
B	PERNO SISTEMATICO 1.50 x 1.50 m. (Malla o cinta ocasional) a) ..... b) LF/P, F/R, MF/B	1 mes
C	PERNO SISTEMATICO 1.2 x 1.2 m. (Malla o cinta ocasional) a) F/P, MF/R b) .....	16 días
D	PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y Malla o Shotcrete con fibra (5cm) a) F/MP, MF/P, IF/R b) F/P, MF/R	5 días
E	PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y SHOTCRETE con fibra (10cm) a) MF/MP, IF/P b) F/MP, MF/P, IF/R	1 día
F	CIMBRAS METALICAS O CUADROS DE MADERA ESPACIADOS CADA METRO a) IF/MP b) MF/MP, IF/P, IF/MP	inmediato

OBSERVACIONES: T.= techo, P.I.= Pared Izquierda, P.D.= Pared Derecha  
a = soporte sin factores influyentes  
b = soporte con factores influyentes



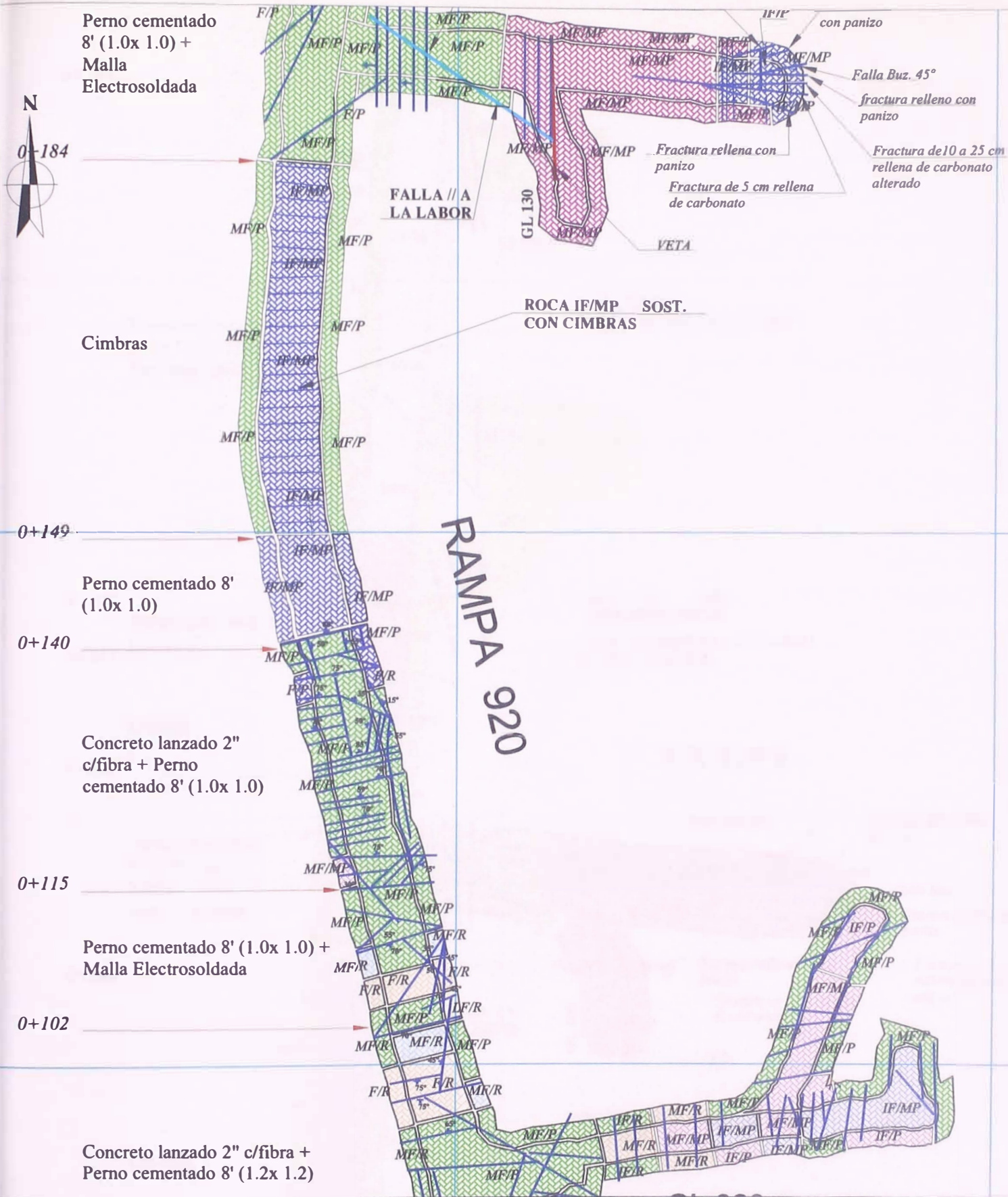
**IESA**

**COMPAÑIA MINERA HUARON S.A.**  
**PLANO GEOMECANICO**  
**RP 920**

EJECUTADO: ING. SAMANE  
REVISADO: ING. CHAVEZ

FECHA: 03/01/05  
ESCALA: 1/500





	CALIDAD DE ROCA	TIEMPO DE COLOCACION
<b>A</b>	SIN SOPORTE - PERNO OCASIONAL a) LF/B, LF/R, LF/P, F/B, F/R, F/P b) LF/B, LF/R, F/B	5 años
<b>B</b>	PERNO SISTEMATICO 1.50 x 1.50 m. (Malla o cinta ocasional) a) ..... b) LF/P, F/R, MF/B	7 mes
<b>C</b>	PERNO SISTEMATICO 1.2 x 1.2 m. (Malla o cinta ocasional) a) F/P, MF/R b) .....	15 días
<b>D</b>	PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y Malla o Shotcrete con fibra (5cm) a) F/MP, MF/P, IF/R b) F/P, MF/R	5 días
<b>E</b>	PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y SHOTCRETE con fibra (10cm) a) MF/MP, IF/P b) F/MP, MF/P, IF/R	1 día
<b>F</b>	CIMBRAS METALICAS O CUADROS DE MADERA ESPACIADOS CADA METRO a) IF/MP b) MF/MP, IF/P, IF/MP	Inmediato

OBSERVACIONES: T. = techo, P.I. = Pared Izquierda, P.D. = Pared Derecha  
a = soporte sin factores influyentes  
b = soporte con factores influyentes



**COMPAÑIA MINERA HUARON S.A.**  
**PLANO GEOMECANICO**  
**RP 920**

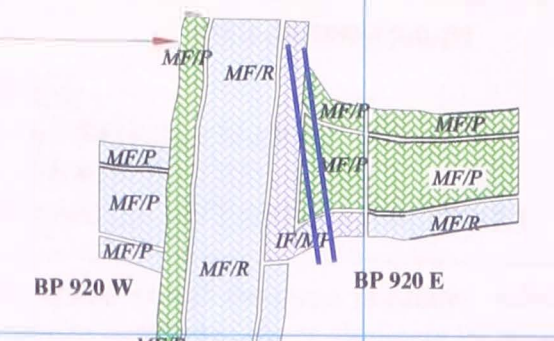
EJECUTADO: ING. SAMANE  
REVISADO: ING. CHAVEZ  
FECHA: 03/01/05  
ESCALA: 1/500



000000



0+268



Perno cementado 8' (1.2x 1.2) + Malla Electrosoldada

ROCA MF/P  
COLOCAR MALLA Y PERNO

0+220

Perno cementado 8' (1.5x 1.5)

ROCA IF/P SOST. CON SHOTCRETE  
FRACTURAMIENTO BUZANDO HACIA LA RP 920

0+215

Cimbras

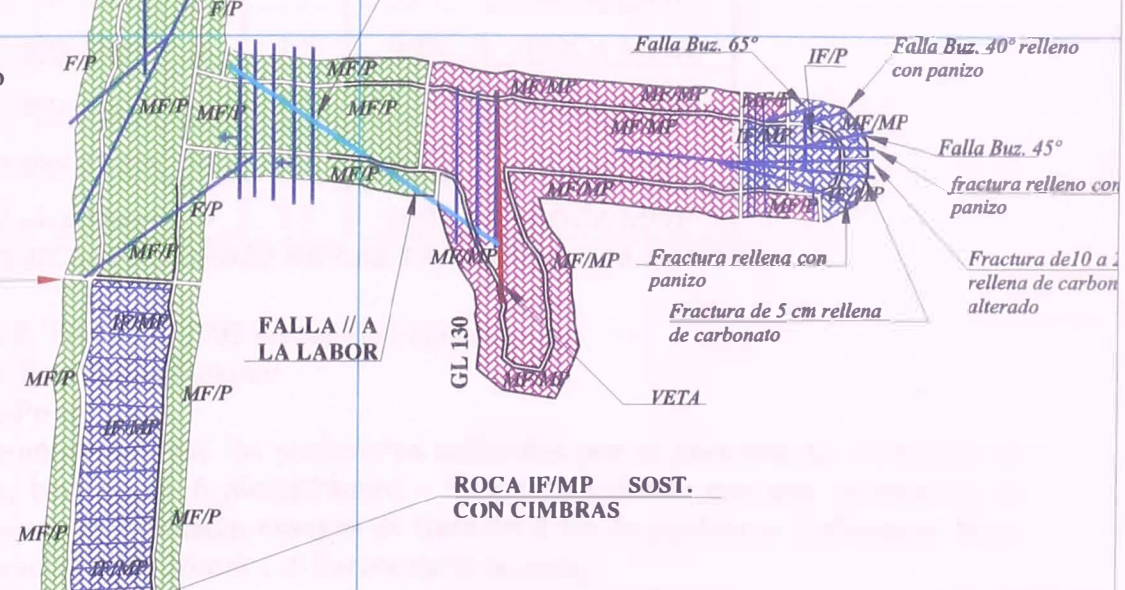
0+205

CX 129 E

Perno cementado 8' (1.0x 1.0) + Malla Electrosoldada

0+184

Cimbras



ROCA IF/MP SOST. CON CIMBRAS

MINISTERIO SEGUN G.S.I. (modificado)  
Leyes MINERAS DE DESARROLLO (3.50-5.0)  
Leyes DE EXPLOTACION (4.9-7.0)

	CALIDAD DE ROCA	TIEMPO DE COLOCACION
<b>A</b>	SIN SOPORTE - PERNO OCASIONAL a) LF/B, LF/R, LF/P, F/B, F/R, F/P b) LF/B, LF/R, F/B	0 años
<b>B</b>	PERNO SISTEMATICO 1.50 x 1.50 m. (Malla o cinta ocasional)	1 mes
<b>C</b>	PERNO SISTEMATICO 1.2 x 1.2 m. (Malla o cinta ocasional)	15 días
<b>D</b>	PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y Malla o Shotcrete con fibra (5cm)	5 días
<b>E</b>	PERNO SISTEMATICO 1.0 x 1.0 m. y SHOTCRETE con fibra (10cm)	1 día
<b>F</b>	CIMBRAS METALICAS O CUADROS DE MADERA ESPACIADOS CADA METRO	inmediato

OBSERVACIONES: T.= techo, P.I.= Pared Izquierda, P.D.= Pared Derecha  
a = soporte sin factores influyentes  
b = soporte con factores influyentes



**COMPAÑIA MINERA HUARON S.A.**  
**PLANO GEOMECANICO**  
**RP 920**

EJECUTADO: ING. SAMANE  
REVISADO: ING. CHAVEZ

FECHA: 03/01/05  
ESCALA: 1/500



A: IESA S.A.  
 ATENCIÓN: ING. ENRIQUE CHAVEZ  
 ING. ELVIS TORRES  
 ASUNTO: PRUEBAS DE ARRANQUE-SPLIT SET

Mediante la presente les hacemos llegar nuestros cordiales saludos y a la vez aprovechamos la oportunidad para poner en vuestro conocimiento la siguiente información:

El día martes 15 del presente mes, se realizó una visita técnica a la unidad Huarón, con la intención de realizar pruebas de arranque con nuestro producto: Estabilizadores de fricción "split set". Las pruebas se efectuaron en presencia del personal de nuestra empresa representada por el Ing. Jair Casafranca, Ing. Pedro Samamé (IESA S.A.), Ing. Guillermo Rodríguez (PASSAC).

### RESULTADO DE LAS PRUEBAS SPLIT SET

Fecha: 05-03-2005  
 Labor: R-380-Este, Zona Norte  
 Elemento: Split set, diámetro externo 39mm-39.5mm, anillo 6mm

PRUEBA N°	DIAMETRO PERFORACION	LONGITUD SPLIT SET (pie)	RESISTENCIA A LA TRACCION (ton)	RESISTENCIA A LA TRACCION (ton/pie)	OBSERVACIONES
1	4 pies 41mm 6 pies 38mm	6	3.5	0.58	ROCA MF/R
2	4 pies 38mm	4	3.5	0.88	ROCA MF/R
3	4 pies 38mm	4	5.0	1.25	ROCA MF/R
4	6 pies 38mm	6	4.0	0.67	ROCA MF/P
5	6 pies 38mm	6	5.5	0.92	ROCA MF/P

**RESISTENCIA PROMEDIO DE LAS 5 PRUEBAS: 0.86 TON/PIE**

#### NOTA:

- Equipo pull test: POWER TEAM RH102 (capacidad 10ton).
- MF/R= Moderadamente Fracturada-Regular
- MF/P= Muy Fracturada-Pobre
- En la prueba N°1 se tomó como base los parámetros utilizados por el personal de sostenimiento (barreno de 4 pies@41mm, barreno de 6 pies@38mm) a fin de compararlo con una perforación de 38mm. En las visitas sucesivas se realizarán ensayos de tracción a fin de evaluar la resistencia de los split set instalados en perforaciones de 36mm y diferente tipos de roca.

#### OBSERVACIONES:

- 01) Diámetro de perforación (recomendable utilizar brocas 38-36mm)
- 02) Tipo de roca (el Split Set tiene desempeño favorable en rocas Tipo II y III (buena a regular).
- 03) Presencia de fallas y fracturas.
- 04) Angulo de instalación del split set formado con la superficie del bloque o macizo rocoso a soportar.

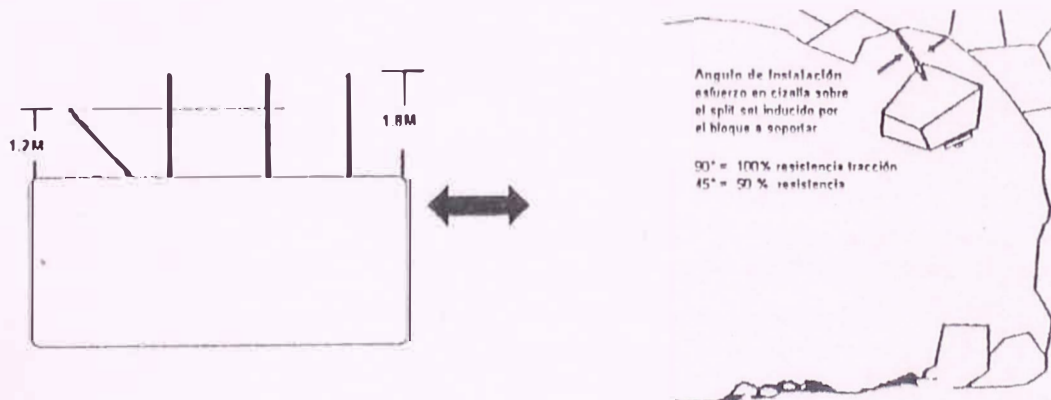


▪ La resistencia de

n estabilizador de fricción (Split Set) puede variar por:

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- Los ensayos de tracción realizados sirvieron para evaluar el funcionamiento del split set en función del diámetro de perforación y el tipo de roca presente. Al comparar los resultados obtenidos en las pruebas N°2-3 vs. N° 1, se aprecia una notoria diferencia de resistencia al anclaje de los split set (considerando que fueron instalados en un mismo tipo de roca MFR, variando el diámetro de perforación).
- El promedio de resistencia para las 5 pruebas es **0.86 toneladas/pie**, las que se encuentran dentro de los estándares de calidad mínimo 0.85 tonelada/pie requerido para éste elemento de sostenimiento.  
El diámetro de perforación para los "*taladros de sostenimiento*" debe efectuarse de acuerdo al tipo de roca presente (MUY FRACTURADA BUENA MF/B, MODERADAMENTE FRACTURADA REGULAR MF/R, MUY FRACTURADA POBRE MF/P) con brocas de las siguientes dimensiones:
  - MF/B - MF/R: 38mm
  - MF/P: 36mm
- El ángulo de instalación de un split set con la superficie de la roca debe ser aprox. 90° con un máximo de inclinación de 20°. Al ser instalados con un ángulo de 45° se tendrá una carga en cizalla sobre el split debilitando y disminuyendo su acción como refuerzo del macizo rocoso en un 50% propiciando que los bloques a soportar caigan junto con el split set.



- Antes de instalar los split set se recomienda realizar un buen barrido del taladro, a fin de no tener detritus que dificulten su instalación.

Agradeciendo de antemano la atención prestada. Quedamos de uds. para cualquier consulta.

Ing° Jair Casafranca  
Representante Técnico  
CASTEM E.I.R.L.  
Tel. / Fax: 523 3504 522 5074  
Email: [castem@terra.com.pe](mailto:castem@terra.com.pe)

Cc: Ing. Eliseo Bellido  
Ing. Pedro Samamé