

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

*Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica*



*Optimización de la Técnica de Perforación y Voladura en  
Tajeos - Empresa Minera Yauliyacu S.A.*

*Informe de Ingeniería*

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

**PRESENTADO POR  
Rosas Félix López**

**Promoción : 96 - II**

**LIMA - PERU**

**2000**

## **AGRADECIMIENTO**

Mis agradecimientos a mis padres, Tíos y Abuelos por su constante orientación y apoyo incondicional para culminar mi estudio superior y optar el Título Profesional de Ingeniero de Minas.

Quiero expresar mi gratitud a todas las personas que hicieron posible el desarrollo del presente Informe de Ingeniería.

De manera especial a Merly Mendoza Varillas por su apoyo incondicional y así mismo a los Directivos de la Empresa Minera Yauliyacu S.A.

# INDICE

	<b>Pag.</b>
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVO	1
3. GENERALIDADES	2
3.1. Ubicación y Acceso	2
3.2. Geología General	2
3.3. Inventario de Mineral	6
3.3.1 Criterios y factores de ubicación	6
3.3.2. Inventario de Mineral 2000	15
3.4 Producción Mina	21
4 ANTECEDENTES DE LOS METODOS DE EXPLOTACION	21
4.1. Corte y Relleno Ascendente Convencional	21
4.1.1. Perforación	21
4.1.2. Voladura	21
4.1.3. Acarreo	22
4.1.4. Relleno	22
4.2. Corte y Relleno Ascendente semimecanizado	22
4.2.1. Perforación	22
4.2.2. Voladura	23
4.2.3. Acarreo	23
4.2.4. Relleno	23
5. METODOS DE EXPLOTACION ACTUAL	23
5.1. Corte y Relleno Ascendente Convencional	23
5.1.1. Perforación	26
5.1.2. Voladura	26
5.1.3. Acarreo	26
5.1.4. Relleno	26
5.2. Corte y Relleno Ascendente Mecanizado	26
5.2.1. Perforación	27

5.2.2. Voladura	27
5.2.3. Acarreo	27
5.2.4. Relleno	32
6. APLICACION DEL METODO DE EXPLOTACION SUBLEVEL	
STOPING	32
6.1. Descripción	32
6.2. Condición de aplicación	32
6.3. Preparación	33
6.4. Operaciones Unitarias	33
6.4.1. Perforación	33
6.4.2. Voladura	35
6.4.2.1. Costo Unitario de voladura	36
6.4.3. Acarreo	38
6.4.4. Relleno	38
7. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	38
7.1. Conclusiones	38
7.2. Sugerencias	39

## ANEXOS

## BIBLIOGRAFIA

# **OPTIMIZACION DE LA TECNICA DE PERFORACION Y VOLADURA EN TAJEOS - EMPRESA MINERA YAULIYACU S.A.**

## **1. INTRODUCCION**

La perforación y voladura en tajeos son actividades importantes para la explotación del mineral en una mina, por que una deficiente perforación o voladura trae como consecuencia daños en las cajas del tajeo o al techo del mismo, menor tonelaje que el estimado, mala fragmentación, tiros fallados o cortados, presencia de tacos, dilución del mineral, alto consumo de barras cónicas, brocas descartables y explosivos.

Todo estos se traduce en un aumento del costo de producción, es por este motivo que la Empresa Minera Yauliyacu S.A. en su permanente afán de disminuir sus costos, mejorando sus índices de productividad está efectuando métodos de explotación selectivo (Corte y Relleno Ascendente, Open Stope) y está implementando la explotación con taladros largos (Sub level Stoping); las cuales han arrojado resultados positivos, habiendo logrado mejorar nuestros estándares y disminuir nuestros costos de mina.

## **2. OBJETIVO**

Establecer calidad en perforación

Establecer la calidad en voladura

Control de dilución por minado (ancho de minado económico)

### **3. GENERALIDADES**

#### **3.1 Ubicación y acceso**

La mina Casapalca (Yauliyacu) políticamente se ubica en el distrito de Chilca, provincia de Huarochiri, departamento de Lima aproximadamente a 120 Km al Este de la ciudad de Lima y a 68 km de la fundición de la Oroya.

Geográficamente se localiza en la zona central del flanco Occidental de la cordillera de los Andes, entre las coordenadas 11°30' latitud Sur y 76°10' de longitud Oeste a una altura promedio de 4250 msnm.

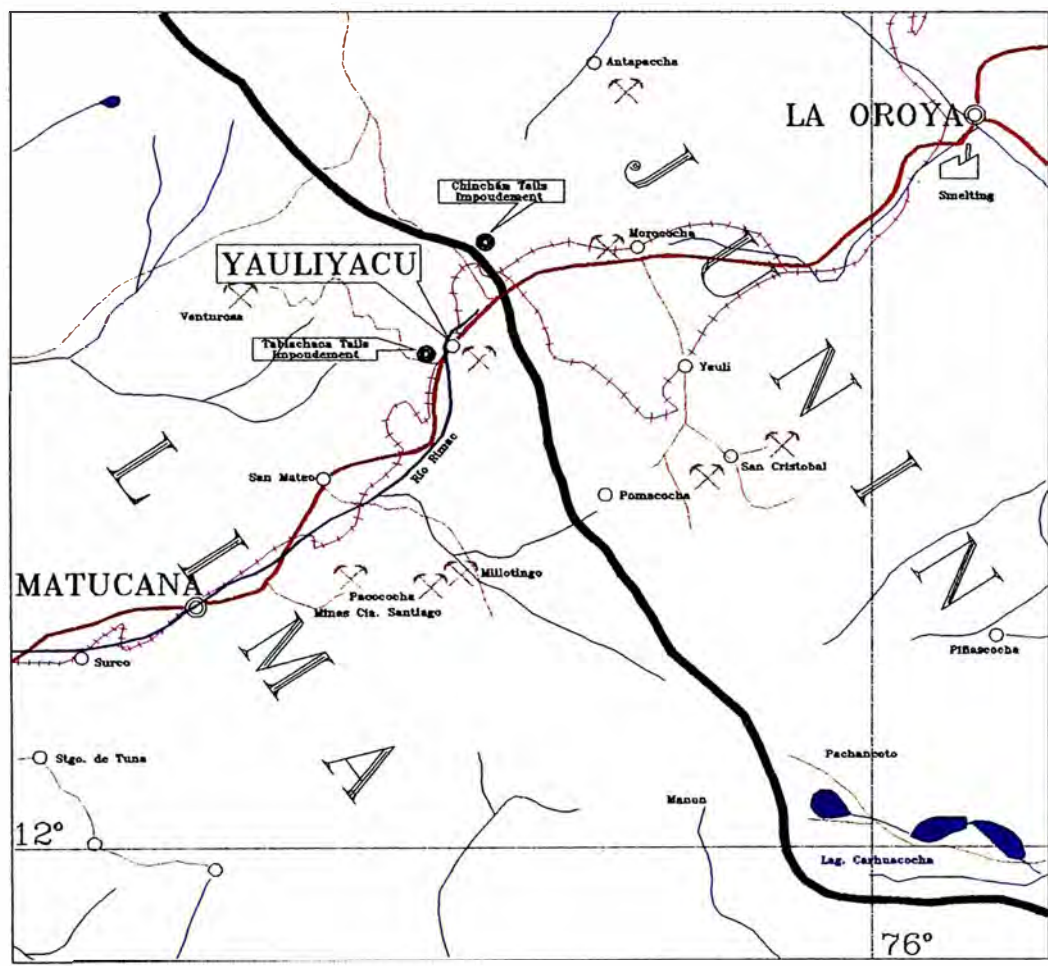
Es accesible por la carretera central asfaltada Lima La Oroya, Km 120. Así mismo esta enlazada con el ferrocarril central. **Ver plano de ubicación Empresa Minera Yauliyacu S.A.**

#### **3.2. Geología General**

La Mina de Yauliyacu es productora de zinc, plomo, plata y cantidades menores de cobre. La mineralogía es constituida por esfalerita, galena, tetraedrita y calcopirita como minerales de mena de mayor abundancia; los minerales de ganga están representados principalmente por pirita, calcita y cuarzo.

La alteración hidrotermal de las rocas encajonantes es silicificación, piritización, sericitización en zona aledañas a las vetas y propilitización a cierta distancia de ellas.

Empresa Minera Yauliyacu S.A. adquirió esta propiedad el 1° de Mayo de 1997, de Centromin Perú y esta realizando modificaciones y rehabilitaciones con el objetivo de mejorar la condiciones de seguridad y



**LEGEND**

- MAIN HIGHWAY
- - - - - SECONDARY ROAD
- ~~~~~ QUEBRADA RIVER
- PROVINCE LIMIT
- - - - - RAILWAY CENTRAL
- TAILS IMPOUNDMENT

continuar el incremento de la producción a corto plazo. Para el año 2000 la producción prevista es de 85,000 TM/mes.

La columna litoestratigráfica de la región está conformada principalmente por areniscas, lutitas calcáreas, calizas, brechas, tufos y lavas, los cuales alcanzan una potencia aproximada de 5,400 m.

## **TERCIARIO**

**1. Formación Casapalca :** Constituye la formación mas antigua que aflora en el área. Forma el amplio anticlinal Casapalca, que es cortado por el Rio Rimac y comprende una serie de rocas sedimentarias de ambiente continental. Esta formación ha sido dividida en dos miembros (**ver columna estratigráfica**)

a. **Miembro Capas Rojas :** Este miembro se caracteriza por presentar intercalaciones de lutitas y areniscas calcáreas, presentando el conjunto coloraciones rojizas debido a finas diseminaciones de hematita. Las areniscas son de grano fino a grueso y comúnmente se observa una débil estratificación.

b. **Miembro Carmen :** Sobreyaciendo a las capas rojas se encuentra una serie de paquetes de conglomerado y calizas intercaladas con capas de areniscas, lutitas; tufos y conglomerados volcánicos con una potencia que varía de 80 a 200m los conglomerados, que también se presentan en lentes, están compuestos de guijarros y rodados de cuarcitas y calizas en una matriz areno-arcillosa y cementos calcáreo.

**2. Formación Carlos Francisco :** Se encuentra sobre las rocas sedimentarias y se constituye en una potente serie de rocas volcánicas. Esta ha sido dividida en tres miembros :



# COLUMNA ESTRATIGRAFICA

ESTRATIGRAFIA		SIMBOLOS
CUATERNARIO	<div style="margin-bottom: 5px;"><span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> Sin información</div> <div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; text-align: center; vertical-align: middle;">Q</span> Cuaternario <i>Depósitos glaciares</i></div>	<div style="margin-bottom: 10px;"> Rumbo y buzamiento de estratos</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Estratos invertidos</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Estratos verticales</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Estratos horizontales</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Contacto geologico observado</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Contacto geologico inferido</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Falla</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Falla inferido</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Falla normal</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Falla inversa</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Falla y buzamiento</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Falla de rumbo</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Eje de anticlinal</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Eje de sinclinal</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Buzamiento del eje</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Mina en actividad</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Mina abandonado</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Senal geodésica</div> <div style="margin-bottom: 10px;"> Cota</div>
TERCIARIO	<div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: orange; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; text-align: center; vertical-align: middle;">Tar</span> Taruca <i>Andesitas porfiríticas (diques, stocks)</i></div> <div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: brown; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> Fraguamachay</div> <div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: black; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> Victoria <i>Diorita con matriz de sericita</i></div> <div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: darkred; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> Veintiuno <i>Andesita</i></div> <div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: red; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> Meiggs <i>Diorita</i></div> <div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> Huayracancha <i>Brecha volcanica</i></div> <div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: red; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> Huayracancha <i>Diorita porfirítica</i></div>	
	Rocas Intrusivas	
	<div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> Formación Río Blanco <i>Tufos, intercalaciones de caliza</i></div> <div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> Formación Bellavista <i>calizas, tufos y lutitas rojas</i></div>	
	Fm. Carlos Francisco	<div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; text-align: center; vertical-align: middle;">Y</span> Miembro Yauliyacu <i>Tufos rojos</i></div> <div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: green; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; text-align: center; vertical-align: middle;">CF</span> Miembro Carlos Francisco <i>Flujos andesiticos porfiríticos</i></div> <div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: green; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; text-align: center; vertical-align: middle;">Tab</span> Miembro Tablachaca <i>Tufos y brechas porfiríticos</i></div>
	Fm. Casapalca	<div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: yellow; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; text-align: center; vertical-align: middle;">Crm</span> Miembro Carmen <i>conglomerados, areniscas y lutitas</i></div> <div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: brown; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px;"></span> Miembro Capas Rojas <i>Lutitas y areniscas calcáreas (rojo)</i></div>
CRETACICO	<div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: blue; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; text-align: center; vertical-align: middle;">Jum</span> Formación Jumasha <i>Calizas con lutitas arenosas</i></div> <div style="margin-bottom: 5px;"><span style="background-color: green; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 20px; height: 10px; text-align: center; vertical-align: middle;">Goy</span> Formación Goyllarisquizga <i>Areniscas, lutitas y cuarcitas</i></div>	

- a. **Miembro Tablachaca** : Se encuentra sobreyaciendo al miembro Carmen y se constituye en una sucesión de rocas volcánicas por tufos, brechas, aglomerados y rocas porfíricas efusivas. Localmente presenta niveles de conglomerado.
  
  - b. **Miembros Carlos Francisco** : Sobre el Miembro Tablachaca se encuentran los volcánicos Carlos Francisco que consisten de flujos andesíticos masivos y fragmentados (brecha). Las capas de brecha consisten de fragmentos porfíricas angulares, generalmente verdosos, incluidos en una matriz de roca porfírica rojiza. Intercaladas con las brechas están las anderitas porfíricas que varían de gris oscuro a verde. Los fenocristales de feldespatos son conspicuos y alterados a clorita y calcita.
  
  - c. **Miembros Yauliyacu** : Los tufos Yauliyacu sobreyacen a los volcánicos Carlos Francisco concordantemente. Este miembro consiste de tufos rojizos de grano fino.
3. **Formación Bellavista** : Esta formación consiste de capas delgadas de calizas de color gris con algunas intercalaciones de calizas gris oscuras con nódulos de sílice, tufos de grano fino y lutitas rojizas.
  
  4. **Formación Rio Blanco** : Sobre la formación Bellavista descansa una potente serie de volcánicos bien estratificados que consisten en tufos de lapilli de color rojizo con intercalaciones de brecha y riolitas. Algunas capas de calizas ocurren en la parte inferior de la formación.

## **CUATERNARIO**

El cuaternario está representado en la región de Casapalca por una serie de depósitos glaciares y conos de escombros de formación reciente.

**Intrusivos** : En el distrito afloran varios cuerpos intrusivos que son de composición intermedia, químicamente similares con alto contenido de soda, aunque varían en la textura y alteración.

**Pórfido Taruca** : Diques y stock que intruyen a los volcánicos aflorantes en la zona sureste del área. Uno de los stocks de forma elongada con dirección norte sur aflora en el cerro Taruca. Estos diques y stocks son porfíricos, con fenocristales de feldespatos (oligoclasa albita), hornblenda y poco cuarzo incluido en una matriz afanítica. Estas rocas pueden ser llamadas andesitas porfíricas.

**Pórfido Victoria** : Un cuerpo intrusivo de color gris claro se encuentra en la parte norte del área (no ha sido verificado). El afloramiento es aproximadamente de 300 m de ancho. La roca consiste en fenocristales de albita y poco cuarzo en una matriz fina de sericita.

## **PLEGAMIENTO Y FRACTURAMIENTO**

Las unidades estratigráficas en el distrito están plegadas, teniendo sus ejes un rumbo general de N20°O, lo que hace que sean aproximadamente paralelas al lineamiento general de los Andes. La estructura de mayor importancia es el anticlinórium Casapalca que presenta pliegues (sinclinales y anticlinales) asimétricos.

En el área se encuentran tres grandes fallas inversas conservando cierto paralelismo entre si estas fallas son : infiernillo con rumbo N38°O y buzamiento de 70° al SO, Rosaura de rumbo N43°O y buzamiento 80° al SO (presenta mineralización) Americana con rumbo N38°O y buzamiento de 70° al NE. La falla Rio Blanco en la parte SO del distrito tiene un rumbo cerca de N35°E paralelo al sistema de las vetas M y C. En subsuelo la Gran falla de rumbo N55°O, desplaza a las vetas siendo dicho desplazamiento ligeramente mayor en profundidad.

## **La mineralización de la mina Yauliyacu se presenta en**

- 1. Vetas que han sido formadas por el relleno de fracturas.** En superficie, la estructura mas importante tiene una longitud aproximadamente de 5 Km de los cuales 4.1 Km han sido ya explorados en subsuelos. Verticalmente la mineralización es conocida en un encampane de 2,000 m. las vetas son angostas, generalmente menores a 1.00 metro de ancho.
  
- 2. Cuerpos - pueden ser de tres tipos :**
  - a) Stockwork y diseminaciones laterales a las vetas ;
  - b) Vetillas y diseminaciones concordantes con la estratificación de areniscas y conglomerados.
  - c) Sulfuros masivos concordantes con niveles de conglomerados.

La mineralización está en todos los tipos de rocas; en limolitas del miembro Capas Rojas, en conglomerados del miembro Carmen, tufos del miembro Tablachaca, andesitas del miembro volcánico Carlos Francisco y calizas de la formación Bellavista. Las vetas tiene un rumbo que varía de N30°E y N80°E con buzamientos que oscilan de 60° a 80° NO.

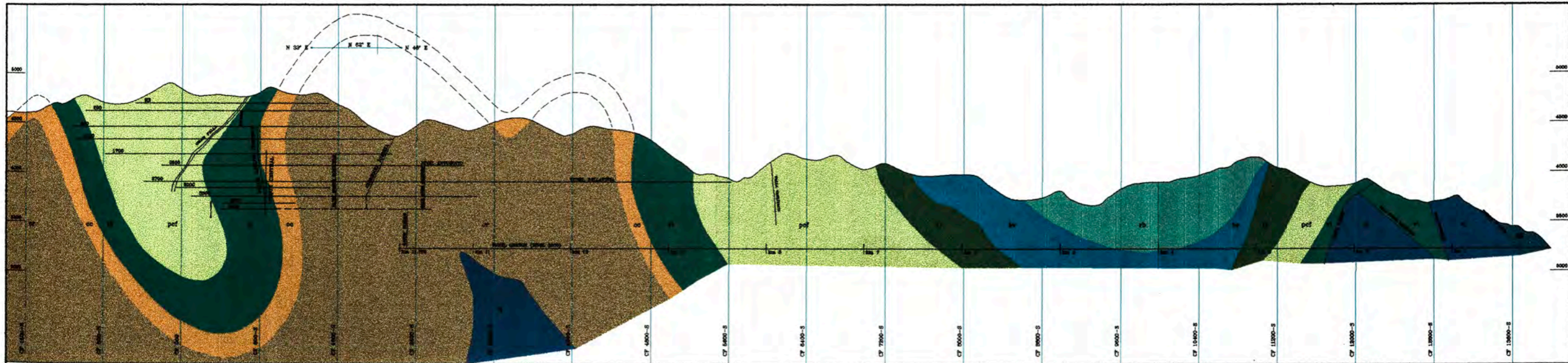
### **3.3. Inventario de mineral**

#### **3.3.1. Criterios y factores de cubicación**

El presente trabajo utiliza la metodología definida para todas las empresas de MATSAG PERU, de acuerdo con normas aceptadas internacionalmente.

Debido a la gran extensión y complejidad de la mina no fue posible revisar todos los bloques antiguos.

PLANO 01



LEYENDA

- |                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| FORMACION RIO BLANCO    | CONGLOMERADO CARMEN   |
| FORMACION BELLAVISTA    | CAPAS ROJAS CASAPALCA |
| TUFOS YALLIYACU         | FORMACION ZONARIA     |
| POZEDO CARLOS FRANCISCO | GRUPO GUTLANSBERGIA   |
| VOLCANICO YALLIYACU     |                       |

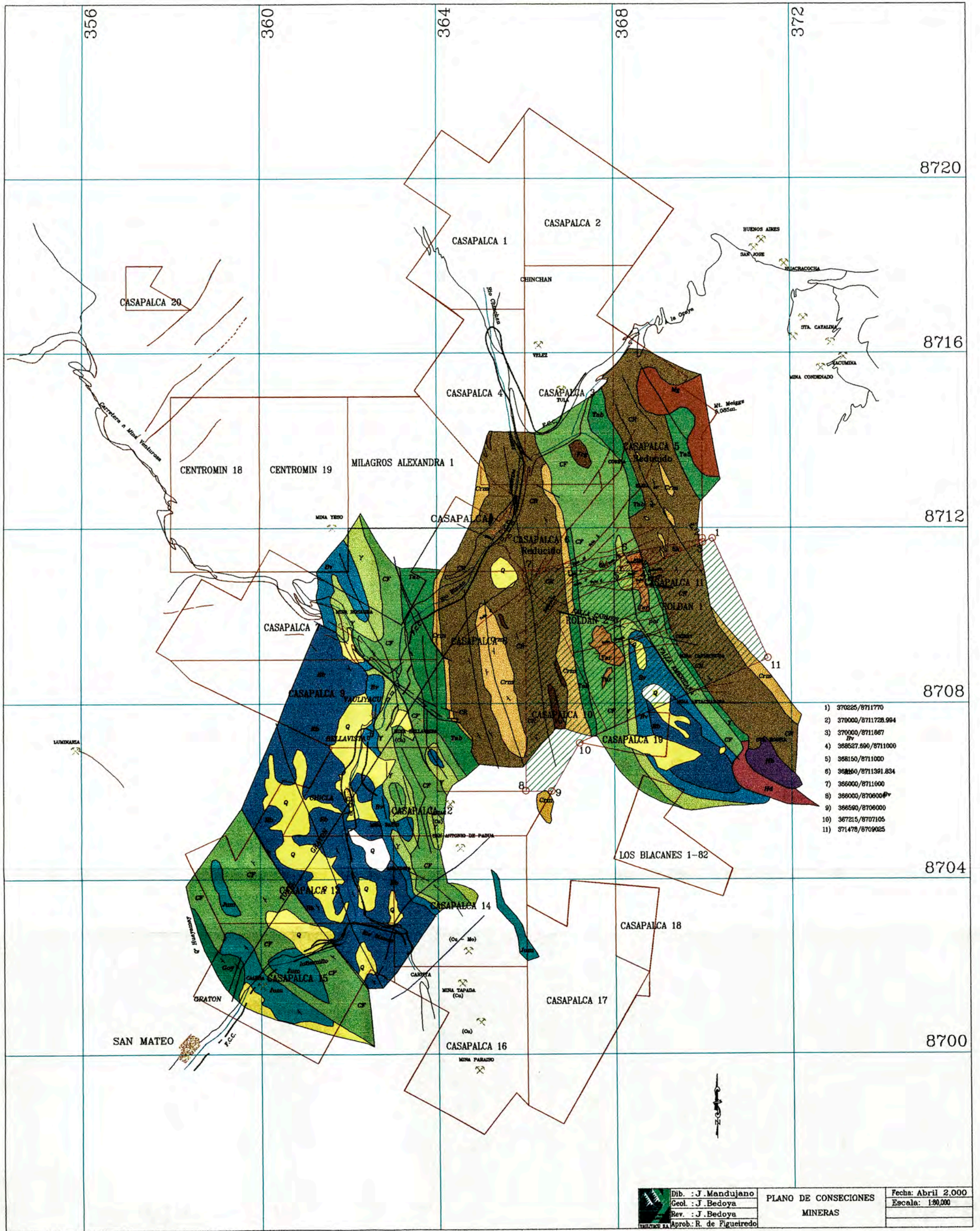


SECCION LONGITUDINAL VERTICAL  
A LO LARGO DE LA VETA M  
Y TUNEL GRATON

Fecha :Abril 2000  
Escala: 1/20000

PLANO 02





- 1) 370225/8711770
- 2) 370000/8711728.994
- 3) 370000/8711667
- 4) 368527.690/8711000
- 5) 368150/8711000
- 6) 368150/8711391.834
- 7) 366000/8711000
- 8) 366000/8706000\*
- 9) 366590/8706000
- 10) 367215/8707105
- 11) 371478/8709025



Los nuevos criterios se aplicaron en las áreas que están siendo trabajadas o que serán trabajadas en el futuro cercano.

## **RECURSOS**

### **Recurso Medido**

Mineralización contenida en bloques de cubicación donde por lo menos un lado está reconocido por muestreo de canales en galerías o tajeos. En estos bloques de cubicación con un buen conocimiento geológico permite predecir la continuidad de la estructura mineralizada con anchos y leyes medias.

### **Recursos indicados :**

Mineralización contenida en bloques de cubicación situados adyacentes a los bloques de recursos medidos y por lo tanto a una distancia mayor de la información de muestreo por canales.

En esta situación también se puede predecir la continuidad de la estructura, pero la estimación de ancho y leyes es menos precisa.

Por debajo del nivel 3900 (3650) donde se cuenta con un mayor número de sondajes se considera como indicado los bloques de cubicación localizados en estructuras principales y que están en la zona de influencia de por lo menos 3 huecos de sondeo.

### **Recurso inferido**

Mineralización contenida en bloques de cubicación donde se espera continuidad de la estructura mineralizada pero no existe información confiable de ancho y leyes, y de existir éstas, están en documentos antiguos que necesitan revisarse.

## **METODO UTILIZADO EN LA ESTIMACION**

Los bloques de cubicación fueron trazados en secciones longitudinales inclinadas, de acuerdo con los buzamientos de las vetas o de los cuerpos, dibujados en AUTOCAD e impresas a escala 1: 2000.

Las informaciones de leyes y anchos fueron extraídas de planos de muestreo en escala 1:500, utilizándose también información de sondajes cuando han estado disponibles.

### **Area :**

El área de un bloque de cubicación se obtuvo en la sección longitudinal multiplicando el largo del bloque por su altura.

Esta altura es variable de acuerdo con la situación de cada bloque. Normalmente se considera la distancia media entre niveles para la suma del recurso medido más recurso indicado.

### **Volumen :**

El volumen del bloque fue determinado por el producto del área (calculada en la sección longitudinal) por el ancho de mineralización. En este año se consideró un factor de corrección para el ancho de muestreo de acuerdo con el buzamiento de la veta o de cuerpo. Así el ancho de mineralización fue multiplicado por el coseno del complemento del ángulo de buzamiento de la estructura. Se considera un ancho mínimo de 0.80m con excepción de los tajeos minados por "Open Stope" donde el ancho puede ser menor. Las vetas angostas, menores que 0.80m de ancho, fueron diluidas a 0.80 m con incorporación de material con ley cero.

### **Tonelaje :**

La cantidad de material de cada bloque fue obtenida del producto del volumen del bloque por el peso específico. Dicho peso específico se

obtuvo a partir del contenido metálico (leyes) del mineral de éste bloque.

La roca encajonante (desmonte) se consideró con un peso específico de  $2.65 \text{ t/m}^3$  debido al contenido de pirita.

### **Ley**

La ley del bloque fue obtenida a partir de leyes de muestras de canal pesadas por la longitud del canal de muestreo y/o por los sondajes existentes. En las nuevas áreas de trabajo, la ley media ya está con corrección de altos erráticos. Se considera un alto errático si el valor medio del producto de la ley del canal por su ancho es mayor que 1.5 veces la media del producto de ancho por ley de todos los canales disponibles en este bloque. El valor 1.5 veces mayor que la media fue substituido por este valor.

Por debajo del nivel 3900 (3650) hasta el nivel 3590 (4100), las leyes de los bloques de cubicación son el resultado de la ponderación de las leyes medias de galerías en el nivel 3650 (3900) (peso 2) y las leyes medias de los sondeos (peso 1). Debajo del nivel 3590 (4100) hasta el nivel 3470 (4500) la ley de los bloques de cubicación son resultado de la media de los valores de los sondeos existentes dentro del área de influencia del bloque (calculado por Datamine)

En esta área los bloques tienen una longitud de 100 m y 62/64 m de altura. El área de la influencia considerada es de 50 m. Para cada extremo lateral de los bloques y de 30 m. Para el límite vertical inferior del bloque.

Los bloques de comunicación correspondiente a los recursos inferidos y localizados en áreas trabajadas donde no fue posible una revisión de las informaciones de muestreo, la ley considerada fue una media ponderada de los bloques de cubicación adyacentes.

### **Ley Mínima**

Fueron considerados recursos minerales los bloques cuyo contenido metálico tiene un valor mínimo de US \$ 18.00/t después de aplicar los factores de recuperación, dilución y MCF. Bloques con valor de mineral mayor que US \$ 18.00/t pero menor que el valor mínimo necesario para el método de minado considerado para este bloque, fue considerado como un recurso marginal.

### **Accesibilidad**

Se consideró como accesible los bloques que puede ser alcanzados a partir de galerías ya existentes (que tengan condiciones de acceso en al actualidad) o localizados en regiones donde se puede hacer trabajos de desarrollo o de rehabilitación, que va a permitir este acceso en buenas condiciones. Los bloques considerados como inaccesibles, por el contrario, están situados en áreas donde los trabajos de rehabilitación necesarios son de gran extensión o se necesitan hacer grandes desarrollos. En este caso el valor del mineral contenido probablemente no cubriría los costos de estos trabajos.

### **Mineral - Marginal**

Se consideró como recurso mineral los bloques con valor de mineral por encima del valor mínimo de minado para el método de explotación considerado.

Como recurso marginal se consideró los bloques con valor de mineral encima de 18\$ pero con valor de mineral debajo del valor mínimo de minado del método seleccionado.

## **RESERVAS DE MINERAL**

### **Reserva Probada**

Mineral contenido en bloques de recursos medidos, que son accesibles y que pueden ser económicamente trabajados en las condiciones técnico-económicas consideradas. Estas condiciones incluyen métodos

de minado, dilución, ley de corte, recuperación por método de minado, recuperación de mineral roto, "Mine Call Factor" (MCF), tratamiento metalúrgico y precio de los metales.

### **Reserva probable**

Mineral contenido en bloques de recursos indicados y que pueden ser económicamente trabajados en las condiciones técnico-económicas consideradas.

## **METODOS DE MINADO**

Para definir las reservas minerales se considera los siguientes métodos de minado :

### **Corte - Relleno**

Aplicable en vetas angostas o donde las cajas son muy fracturadas o muy alteradas. Tiene buena selectividad, baja productividad y su costo es alto.

Es usado con relleno hidráulico (proveniente de relaves de concentración), en tajeos situados debajo del nivel 4210 (1700) y con relleno detritico (material estéril de superficie) en tajeos situados encima del nivel 4210 (1700). En el segundo semestre de 2000, se deberá estar usando relleno en pasta en parte de estos bloques.

Para que los resultados sean buenos es fundamental la disponibilidad de relleno y un control estricto de la limpieza del mineral después de la voladura, para evitar una dilución con material del piso o una pérdida de mineral.

Se considera corte - relleno en cuerpos cuando el mineral tiene un ancho mínimo de 3.00 m. En estos casos normalmente la veta principal ya fue minada.

### **Shrinkage**

Aplicable en vetas o cuerpos de ancho medio (1.0 a 4.0 metros), con buena continuidad en donde las rocas encajonantes son competentes. Tiene buena selectividad y es mas productivo que el método de corte y relleno. Su costo final también es mas bajo.

Para que de buenos resultados es fundamental que las cajas no se desprendan durante la extracción del mineral. Se consideró en sus costos, que estos tajeos sean rellenos posteriormente.

### **Sublevel Stopping**

Aplicable en vetas o cuerpos anchos (mayor de 4 metros) con mineral de buena continuidad y rocas encajonantes resistentes. Es menos selectivo. Altamente productivo y de bajo costo. También deben rellenarse posteriormente.

### **Open Stope**

Aplicable en vetas muy angostas donde las cajas son resistentes. El ancho mínimo es 0.60 m y no se usa relleno. Las cajas son sostenidas con puntales de seguridad.

## **RECUPERACION DE MINADO**

De acuerdo con el probable método de minado que será utilizado en la veta cuerpo considerado se aplican factores de recuperación característicos para cada método. El mineral no recuperado queda como pilares.

Para corte relleno y shrinkage se considera una recuperación de 85% del tonelaje del mineral de cada bloque. Para sublevel stopping y open stope se considera una recuperación de 90%.

## **DILUCION**

La dilución fue calculada de acuerdo al método de minado. Para corte y relleno en vetas y shirinkage se considera 0.15 m para cada lado de la veta. En cuerpos 0.25 m para cada lado. Para sublevel stoping se considera 0.50 m para cada lado del mineral.

El material de dilución fue considerado con ley cero. En open stope se asume que no hay dilución, se calcula la ley diluida para el ancho considerado.

## **RECUPERACION DE MINERAL EN EL MINADO**

Se considera una recuperación del 95% del tonelaje de mineral minado en cada bloque

## **MINE CALL FACTOR**

En cuerpos se considera un factor de 0.80 para MCF (Mine Call Factor), aplicable en las leyes de Zn, Pb, Cu y de Ag.

En vetas se considera un factor de 0.80 para MCF aplicable en las leyes de Zn, Pb, Cu y un factor de 0.70 para MCF aplicable para la ley de Ag

Estos factores son una aproximación, porque aún no se tiene datos estadísticos para hacer correcciones debidas a errores en las leyes de muestreo, pérdidas de mineral fino y otras diferencias.

Para la corrección de la ley de plata en vetas hemos aplicado un factor de 0.70 considerando los resultados de la producción del año 1999. Además los resultados preliminares de un estudio de remuestreo, en actual ejecución, indica una reducción de ley de plata de 15 por ciento.

## LEY DE CORTE

Se considera una ley de corte variable de acuerdo con el costo operacional del método de minado previsto para cada uno de los bloques de cubicación. Así tenemos :

	US\$/TMS
Corte y Relleno : Valor mínimo de minado en veta	30.00
Corte y Relleno : Valor mínimo de minado en cuerpo	20.00
Shrinkage : valor mínimo de minado	24.00
Sublevel stoping : valor mínimo de minado	18.00
Open Stope : Valor mínimo de minado	27.00

## TRATAMIENTO METALURGICO

Se considera el tratamiento del mineral según los parámetros siguientes

### Recuperación

Conc Bulk	Pb. 80.00%	Cu 68.00%	Ag 76.76%
Conc Zinc	Zn 88.00%	Ag 7.77%	

### Leyes :

Conc Bulk	Pb 45.00%	Cu 11.00%
Conc. Zn	Zn 58.91%	

## CONDICIONES DE VENTA DE CONCENTRADOS

Se mantiene las condiciones de venta actualmente practicadas para el concentrado bulk (con las alteraciones de enero/2000) y para el concentrado de Zn. Se considera un valor de US\$ 65.48/t concentrado bulk como penalidades causadas por impurezas en el concentrado. Este valor resulta de la aplicación de las cláusulas de penalidades, conforme previstas a partir de enero, en los concentrados embarcados entre julio y octubre/1999.



## VALOR DE LOS METALES

Se considera los siguientes valores para los metales contenidos en los concentrados

	US\$/t	cUS\$/lb	US\$/oz
Zn	1200	0.54431	
Pb	530	0.24040	
Cu	17500	0.79379	
Ag			530

## VALOR DEL MINERAL

Se considera los parámetros utilizados arriba en la siguiente fórmula para obtener el valor del mineral

$$\text{Valor del mineral} = (\%Cu \cdot 4.99691) + (\%Pb \cdot 3.9571) + (\text{ozAg} \cdot 3.64764) - (\%Pb \cdot 5.2540) + (\%Zn \cdot 8.96985) + (\text{ozAg} \cdot 0.105894) - (\%Zn \cdot 4.1131) =$$

### 3.3.2. Inventario de Mineral 2000

Detallamos los resultados del inventario de Mineral de la Mina Yauliyacu al 31 de Diciembre de 1999

Tenemos cuantificados los Recurso Minerales y a partir de ello hemos evaluado las Reservas Minerales.

Los recursos (mineral "in situ") fueron separados en Accesibles e Inaccesibles, y en cada uno se diferencian las categorías de medido, indicado e inferido.

Los recursos tratados por Categorías son

**MINA CENTRAL (Sin dilución)**

<b>Recursos Accesibles</b>	<b>TMS</b>	<b>%Zn</b>	<b>%Pb</b>	<b>%Cu</b>	<b>OzAg</b>
Medido	4'527,270	5.07	2.40	0.55	10.53
Indicado	2'585,600	4.44	2.26	0.55	12.41
Inferido	5'502,380	4.07	2.60	0.54	9.95
<b>TOTAL</b>	<b>12'615,250</b>	<b>4.50</b>	<b>2.46</b>	<b>0.55</b>	<b>10.66</b>
<b>Recursos Inaccesibles</b>	<b>TMS</b>	<b>%Zn</b>	<b>%Pb</b>	<b>%Cu</b>	<b>OzAg</b>
Medido	799,280	5.58	3.71	0.66	11.74
Indicado	224,890	5.11	3.44	0.62	11.74
Inferido	145,790	3.66	2.62	0.39	16.87
<b>TOTAL</b>	<b>1'169,960</b>	<b>5.25</b>	<b>3.52</b>	<b>0.62</b>	<b>12.38</b>
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>13'785,210</b>	<b>4.57</b>	<b>2.55</b>	<b>0.55</b>	<b>10.81</b>

**MINA ROSAURA (Sin dilución)**

<b>Categoría</b>	<b>TMS</b>	<b>%Zn</b>	<b>%Pb</b>	<b>%Cu</b>	<b>OzAg</b>
Medido	443,920	5.84	4.67	0.52	2.96
Indicado	182,070	5.97	4.61	0.55	2.97
Inferido	1'784,140	6.82	4.95	0.60	3.24
<b>TOTAL</b>	<b>2'410,130</b>	<b>6.58</b>	<b>4.87</b>	<b>0.58</b>	<b>3.17</b>

El inventario del mineral 2000, observa rigurosamente la normatividad de la "Guía de Clasificación de Mineral in situ" de MATSAG Perú S.A. vigente en todas sus operaciones en Perú. Estas normas fueron compiladas por el Ing. André Roy a partir de los textos "Australasian code for reporting of indentified mineral resources and ore reserves" y "Ad Hoc Committee Report - CIM - Mineral Resource/Reserve Classification : Categories, Definitons and Guidelines".

Los Recursos Minerales fueron clasificados por su accesibilidad (accesible e inaccesible) y por su valor económico (mineral y marginal),

luego de ser tratados por factores de dilución por método de minado, de recuperado por método de minado, de recuperación del mineral roto y MCF (Mine Call Factor) para obtener las reservas minerales minables y los recursos residuales.

Para las reservas minerales (mineral minable) se considerada las categorías de Probado y Probable.

En Reservas Minerales Probadas y Probables tenemos un total de 5'997.320 TMS, con leyes promedios de 3.39% Zn, 1.58% Pb, 0.37% Cu y 6.76 OzAg/TMS.

**LAS RESERVAS MINERALES (por tipo de mineralización con dilución)**  
son :

		<b>T.M.S</b>	<b>%Zn</b>	<b>%Pb</b>	<b>%Cu</b>	<b>OzAg</b>	<b>\$/TMS</b>
VETAS	Probado	1'949,520	3.63	1.96	0.48	8.81	50.56
	Probabl.	1'424,220	3.08	1.78	0.40	9.52	50.38
	<b>TOTAL</b>	<b>3'373,740</b>	<b>3.40</b>	<b>1.88</b>	<b>0.45</b>	<b>9.11</b>	<b>50.48</b>
CUERPO	Probado	1'881,230	3.44	1.21	0.26	3.83	30.81
	Probable	742,350	3.24	1.12	0.29	3.51	28.86
	<b>TOTAL</b>	<b>2'623,580</b>	<b>3.38</b>	<b>1.18</b>	<b>0.27</b>	<b>3.74</b>	<b>30.26</b>
VETAS + CUERPO	Probado	3'830,750	3.54	1.59	0.37	6.36	40.86
	Probable	2'166,570	3.13	1.55	0.36	7.46	43.01
	<b>TOTAL</b>	<b>5'997,320</b>	<b>3.39</b>	<b>1.58</b>	<b>0.37</b>	<b>6.76</b>	<b>41.64</b>

Para facilitar la interpretación y la comparación de recursos con reservas hemos calculado los recursos residuales con dilución y tratado con los mismos factores que las reservas.

## RECURSOS RESIDUALES (con dilución y factores de explotación)

Accesible	MINERAL						MARGINAL					
	TMS	%Zn	%Pb	%Cu	OzAg	\$/TMS	TMS	%Zn	%Pb	%Cu	OzAg	\$/TMS
Medido	335,040	3.01	1.84	0.40	7.67	43.02	316,500	1.80	1.41	0.23	4.09	23.41
Indicado	129,250	2.77	1.41	0.34	8.92	46.81	272,330	1.32	1.00	0.19	4.68	23.63
Inferido	5'007,810	2.81	1.79	0.37	6.11	36.11	506,670	1.50	0.88	0.17	3.74	21.03
TOTAL	5'472,100	2.82	1.78	0.37	6.27	36.78	1'095,500	1.54	1.06	0.19	4.07	22.37
Inaccesib												
Medido	572,230	3.74	2.40	0.47	7.93	47.17	255,500	2.94	2.15	0.29	3.08	24.50
Indicado	169,560	3.31	2.19	0.42	7.74	44.39	64,670	2.86	2.04	0.31	2.86	23.50
Inferido	145,440	2.37	1.70	0.25	9.56	46.44						
TOTAL	887,230	3.43	2.25	0.42	8.16	46.52	320,170	2.92	2.13	0.29	3.04	24.30
Gran Totl	6'359,330	2.91	1.85	0.38	6.54	38.14	1'415,670	1.85	1.30	0.22	3.84	22.80

En 1999 la producción de rotura fue 947,003 TMS de mineral y la planta concentradora trató 954,845 TMS. Se tuvo un avance de 2'440,93 m en exploración y desarrollo, lográndose cubicar 1'609,942 TMS, dando un radio de 659.56 TM/metro de avance.

El presente Inventario de Reservas de Mineral de la Mina Yauliyacu muestra un aumento de 582,430 TMS de mineral, cuando se compara con los valores de inventario 1999 (Situación 31/12/98). Esto ocurrió considerando que se extrajo durante el año 1999, 954,845 TMS de mineral y que el actual inventario no considera como reserva mineral bloques localizados en áreas inaccesibles.

El incremento en las Reservas Probadas / Probables ocurrió en cuerpos. De tal modo que la relación veta / cuerpo cambió de 2.73 en el inventario - 1999 para 1.29 en el Inventario - 2000.

Mirándose con más detalle, se verifica que las reservas Probadas/Probables en vetas disminuyó 591,270 TMS entre estos dos trabajos, y en cuerpos hubo un incremento de 1' 173,700 TMS.

Las leyes medias del inventario - 2000 son muy semejantes al indicado en el inventario - 1999, con excepción de la ley de plata que sufrió una

reducción porque se aplicó el MCF de 0.70 para las vetas y debido al aumento de la reserva de mineral en cuerpos.

### RESUMEN DE RESERVAS POR METODO DE EXPLOTACION - 2000

<b>A: PROBADAS</b>	<b>TMS</b>	<b>%Zn</b>	<b>%Pb</b>	<b>%Cu</b>	<b>OzAg</b>	<b>\$/TMS</b>
CR-V	686,400	2.70	1.87	0.39	12.32	58.88
CR-C	456,120	5.30	1.72	0.33	5.09	44.26
SHR	1'074,350	4.25	2.05	0.49	6.86	46.18
SUBL	1'425,110	2.84	1.04	0.24	3.43	26.52
OPST	188,770	3.46	1.78	0.70	7.20	45.02
<b>TOTAL</b>	<b>3'830,750</b>	<b>3.53</b>	<b>1.59</b>	<b>0.37</b>	<b>6.37</b>	<b>40.86</b>
<b>B : PROBABLES</b>						
CR-V	414,180	2.44	1.64	0.33	11.93	56.15
CR-C	196,440	4.60	1.42	0.29	3.88	36.51
SHR	938,800	3.39	1.86	0.41	8.55	48.19
SUBL	545,910	2.75	1.01	0.28	3.38	26.13
OPST	71,240	2.88	1.49	0.57	8.36	46.28
<b>TOTAL</b>	<b>2'166,570</b>	<b>3.14</b>	<b>1.55</b>	<b>0.36</b>	<b>7.46</b>	<b>43.03</b>

### RESERVAS PROBADAS + PROBABLES

<b>GRAN TOTAL</b>	<b>5'997,320</b>	<b>3.39</b>	<b>1.58</b>	<b>0.37</b>	<b>6.76</b>	<b>41.64</b>
-------------------	------------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------

**CR-V** = Corte Relleno - vetas

**CR-C** = Corte Relleno - Cuerpos

**SHR** = Shrinkage

**OPST** = Open Stope

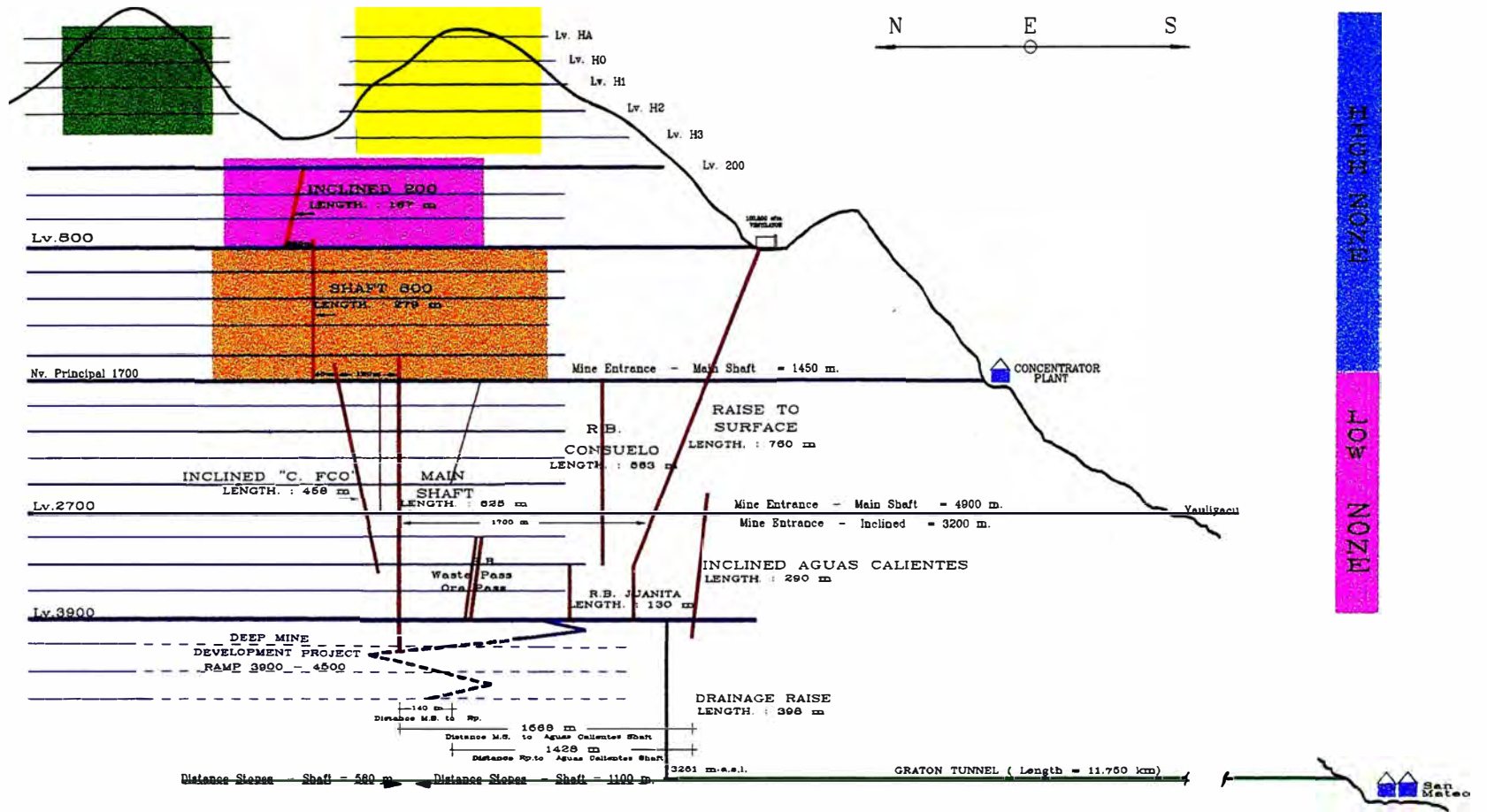
**SUBL** = Sublevel Stopping

**RESERVAS POR NIVELES - 2000**  
**MINERAL COMBINADO (Probado + Probable)**

<b>NIVEL</b>	<b>TMS</b>	<b>%Zn</b>	<b>%Pb</b>	<b>%Cu</b>	<b>OzAg</b>	<b>\$/TMS</b>
4940	50,400	1.84	1.48	0.40	13.43	59.43
4860	262,110	2.14	1.28	0.31	6.06	33.03
4800	4771,060	2.54	0.83	0.32	4.35	29.19
4760	5,760	1.59	1.46	0.11	5.43	26.76
4710	729,400	2.94	1.10	0.34	5.29	34.41
4640	511,610	2.53	1.07	0.34	5.79	34.33
4580	388,480	3.24	1.40	0.19	4.37	31.27
4540	197,030	3.09	1.50	0.31	4.24	30.53
4490	84,650	2.32	1.21	0.26	5.70	32.39
4420	397,600	2.91	1.41	0.23	4.29	29.56
4360	173,830	4.09	2.21	0.37	7.49	46.96
4310	132,960	2.95	1.72	0.36	6.16	37.02
4260	46,680	4.02	1.85	0.54	5.87	41.86
4210	69,260	2.23	1.99	0.20	8.54	41.30
<b>Sub-total</b>	<b>3'526,830</b>	<b>2.83</b>	<b>1.28</b>	<b>0.31</b>	<b>5.36</b>	<b>33.73</b>
4150	17,730	4.46	4.36	0.19	6.31	40.64
4090	32,650	4.75	3.29	0.27	5.08	39.22
4040	58,370	4.45	3.16	0.21	5.35	38.65
3980	89,810	3.03	1.99	0.49	7.10	41.23
3950	12,530	4.26	0.25	0.49	3.03	34.19
3930	87,980	3.80	2.13	0.44	6.07	40.68
3850	162,310	4.86	1.81	0.41	4.84	41.47
3780	308,980	5.56	1.61	0.56	5.56	48.58
3710	470,500	4.18	2.23	0.48	9.64	55.99
3650	461,590	4.95	2.00	0.59	8.44	56.08
3590	572,870	3.82	2.15	0.40	12.68	65.49
3530	175,230	1.24	1.14	0.19	8.00	35.52
3470	19,940	1.55	1.12	0.20	12.11	52.53
<b>Sub-total</b>	<b>2'470,490</b>	<b>4.19</b>	<b>2.01</b>	<b>0.45</b>	<b>8.76</b>	<b>52.92</b>
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>5'997,320</b>	<b>3.39</b>	<b>1.58</b>	<b>0.37</b>	<b>6.76</b>	<b>41.64</b>

# MINE LONGITUDINAL VIEW

LEVEL (Old)	LEVEL (New)	ALTITUDE (D.A.S.L.)
Lv. HA	5000	4992
Lv. HO	4940	4939
Lv. H1	4880	4882
Lv. H2	4800	4802
Lv. H3	4710	4714
Lv. 200	4640	4644
Lv. 400	4580	4584
Lv. 600	4540	4538
Lv. 800	4490	4491
Lv. 1000	4420	4420
Lv. 1200	4380	4359
Lv. 1400	4310	4308
Lv. 1600	4280	4259
Lv. 1700	4210	4212
Lv. 1900	4150	4153
Lv. 2100	4090	4084
Lv. 2300	4040	4036
Lv. 2600	3980	3983
Lv. 2700	3930	3927
Lv. 3000	3850	3853
Lv. 3300	3780	3777
Lv. 3600	3710	3713
Lv. 3900	3650	3649
Lv. 4100	3590	3587
Lv. 4300	3530	3528
Lv. 4600	3470	3468



## LEGEND

- SECTION I
- SECTION II
- SECTION III
- SECTION IV

VERTICAL DISTANCE FROM LEVEL H1 TO LEVEL 3900 - 1275 m  
 VERTICAL DISTANCE FROM LEVEL H1 TO LEVEL 4500 - 1475 m  
 VERTICAL DISTANCE FROM LEVEL H1 TO GRATON TUNNEL - 1670 m

	Dib. J. Mandujano	SECCION	Fecha Octubre 1999
	Geol. J. Bedoya	LONGITUDINAL	Escala S/E
	Rev. J. Bedoya	DE NIVELES	
	Aprob. R. DE F.		



### **3.4. Producción Mina**

La producción mensual en el año 99 fue 80000 TMS con ley de mineral: 3.37% Zn, 1.04% Pb, 0.30% Cu, y 4.60 Oz Ag/TM.

## **4. ANTECEDENTES DE LOS METODOS DE EXPLOTACION**

La Empresa Minera Yauliyacu S.A. al adquirir la U.P. Casapalca de Centromín Perú adquiere también las costumbres de trabajo, entonces fue necesario la optimización en toda las operaciones unitarias de minado.

Las labores en explotación se ubican en vetas y diseminadas. El mayor número de labores en diseminados se ubican en cajas piso y/o techo de labores ya explotados con mucha anterioridad.

### **4.1. Corte y Relleno Ascendente Convencional**

La explotación se realiza en vetas angostas ubicadas debajo del Nv. 1700. **Ver plano de sección longitudinal de niveles.**

#### **4.1.1. Perforación**

En la perforación se observó lo siguiente :

- Altura de perforación no adecuado con techo desnivelado.
- La perforación carece de paralelismo, observándose inclusive perforaciones de una sola púa.
- **Ver cuadro de corte y relleno ascendente convencional.**

#### **4.1.2. Voladura**

En la voladura se observó lo siguiente :

- Anchos de minado antieconómicas.



- Simultaneidad en la salida de retardos es decir el mismo número de Tecnel por fila.
- **Ver cuadro Corte y Relleno ascendente convencional**

#### **4.1.3. Acarreo**

El acarreo se realiza con rastrillos y microscop de 0.5 yd<sup>3</sup>. El mineral volado es demasiado fino y con presencia de bancos por desprendimiento de las cajas.

#### **4.1.4. Relleno**

Se usa el relleno hidráulico proveniente del relave clasificado de la planta concentradora.

### **4.2. Corte y Relleno Ascendente Semimecanizado**

La explotación se realiza en diseminados de mineral en cajas de vetas explotadas con mucha anterioridad.

#### **4.2.1. Perforación**

En la perforación se observó lo siguiente

- Altura de perforación no adecuado y falta de empaquetamiento con relleno de las rocas encajonantes.
- La perforación carece de paralelismo, es decir taladros picando caja y ocasionando posteriormente dilución e inestabilidad.
- Inclinación de la perforación hacia el taje vacío.
- **Ver cuadro de Corte y Relleno Ascendente**

#### **4.2.2. Voladura**

En la voladura se observa lo siguiente :

- Simultaneidad en la salida de retardos.
- Aplicación de configuraciones no secuenciadas.
- **Ver cuadro de Corte y Relleno Ascendente.**

#### **4.2.3. Acarreo**

El acarreo de mineral se realiza hacia los echaderos de mineral ubicados en una de las cajas del tajeo. El acarreo se realiza con equipos L.H.D. diesel y/o eléctrico de 1.5 a 3.5 yd<sup>3</sup> de capacidad.

#### **4.2.4. Relleno**

En la zona alta se usa el relleno detrítico y en la zona baja se usa el relleno hidráulico. Limite de zonas es el Nv. 1700. **Ver sección longitudinal de niveles.**

### **5. METODOS DE EXPLOTACION ACTUAL**

Se empezó a capacitar al personal y aplicar las técnicas de perforación y voladura en tajeos piloto. Durante dos años de capacitación, supervisión y control se llegó a estandarizar los procedimientos adecuados de trabajo.

#### **5.1. Corte y Relleno Ascendente Convencional**

La explotación es en vetas angostas y se realiza 2 cortes para luego rellenar.

## CUADRO N° 1

### ANALISIS DE DILUCION

ANCHOS DE MINADO OBTENIDOS HISTORICAMENTE	ANCHOS DE MINADO ESPERADOS ANTES DE APLICAR SISTEMA PROPUESTO	ANCHOS DE MINADO LOGRADOS INDUSTRIALMENTE
> 1.3 m	1.2 m	< 0.80 m

Ejemplo real de un tajeo H2 266 (Sección I)

### IMPACTOS DE LEYES

ANCHOS DE MINADO	%Cu	% Pb	%Zn	Oz Ag
REAL HISTORICO	0.18	0.65	1.49	4.76
VALOR DESEADO	0.20	0.70	1.60	5.10
0.80 m ANCHO DE MINADO	0.30	1.05	2.40	7.66

INCREMENTO CON LA APLICACION DEL NUEVO SISTEMA	0.12	0.40	0.91	2.90
--	------	------	------	------

## CORTE Y RELLENO ASCENDENTE CONVENCIONAL

DESCRIPCION	METODO ANTERIOR	METODO ACTUAL
<b>PERFORACION</b>		
Tipo de Máquina	Stoper	Stoper
Barras	Barreno integral (2',4',6', 8')	Barras cónicas (2',4',6' y 8')
Brocas	-	Broca descarta(41 y 38mmØ)
Altura de perforación(m)	> = 2.50	2.10
Marcado de veta	No	Si
Ancho de veta (m)	0.60 - 0.80	0.60 - 0.80
Marcado de Malla	No	Si
Malla de perforación	3:3	2 :2
Inclinación del taladro (cara libre)	75° - 85°	70°
Inclinación del taladro(buzamieto)	> 80°	60° - 80°
Diámetro del taladro (mm)	39	39
Longitud del taladro (m)	2.10	2.28
Nº de taladros por guardia (tal/gdía)	20	23
Eficiencia de perforación(%)	88	95
<b>VOLADURA</b>		
Explosivo	ANFO	ANFO
Cebo para iniciar columna	Fulminante Nº 8	IREMITA 62 15/16"x8"
Detonador no eléctrico	TECNEL de 4.20m	TECNEL de 3.20m
Aplicación de configuraciones	Simultaneidad	Secuenciada
Tiros amortiguados caja techo y/o terrenos fracturados	No	Si
Carga por taladros (Kg)	2.13	2.11
Taco sin cargar (cm)	5	25
Ancho de minado (m)	> = 1.30	< 0.80
Avance por disparo(m)	2	2.12
Eficiencia de voladura (%)	88	94
<b>INDICES TECNICOS</b>		
Factor de potencia (Kg/TM)	1.50	1.28
Perforación específica (TM/mp)	0.686	0.548
Rendimiento por taladro (TM/tal)	1.60	1.10

### **5.1.1. Perforación**

En la perforación se estandariza lo siguiente :

- Perforar y dispara arranque, sirve para ver la inclinación de la estructura
- Para cada corte adecuada malla de perforación
- La perforación es paralela al plano de salida y buzamiento. Para el control se utiliza 2 atacadores
- Ver cuadro de corte y relleno ascendente convencional

### **5.1.2. Voladura**

En la voladura se estandariza lo siguiente :

- Aplicación de configuraciones secuenciadas.
- Tiros amortiguados donde se requiere (terrenos fracturados y deleznales en caja techo).

### **5.1.3. Acarreo**

El acarreo se realiza con rastrillos y microscopios de 0.5 y 0.7yd<sup>3</sup> de capacidad. El mineral volado tiene buena fragmentación.

### **5.1.4. Relleno**

Se usa el relleno hidráulico proveniente del relave clasificado de la planta concentradora.

## **5.2. Corte y Relleno Ascendente Mecanizado**

La explotación se realiza en cuerpos mineralizados ubicados en cajas de vetas explotadas con mucha anterioridad; presentan un terreno

diaclasado, fracturado y donde las discontinuidades se reactivan con mucha facilidad.

### **5.2.1. Perforación**

La perforación es con Jumbo Electrohidráulico con barrenaciones de 4.80 m de longitud y con broca retráctil T-38 de 2 1/2" Ø para la perforación se estandariza lo siguiente :

- Tener 3.50 m de altura de perforación (piso - techo) **ver gráfico N° 1.**
- Perforar arranque luego los taladros del slot, para tener cara libre **ver gráfico N° 2.**
- **Ver cuadro corte y relleno ascendente.**

### **5.2.2. Voladura**

La voladura inadecuada genera grandes cantidades de bancos y zonas inseguras para el personal, equipo y maquinaria. Para la voladura se estandariza lo siguiente :

- Aplicación de configuraciones secuenciadas, **ver gráfico N° 2.**
- Tiros amortiguados en caja techo y pilares, **ver gráfico N° 4.**
- Carguio de talados con un equipo llamado ANFOCAR de 75 Kg de capacidad.
- **Ver cuadro de corte y relleno ascendente.**

### **5.2.3. Acarreo**

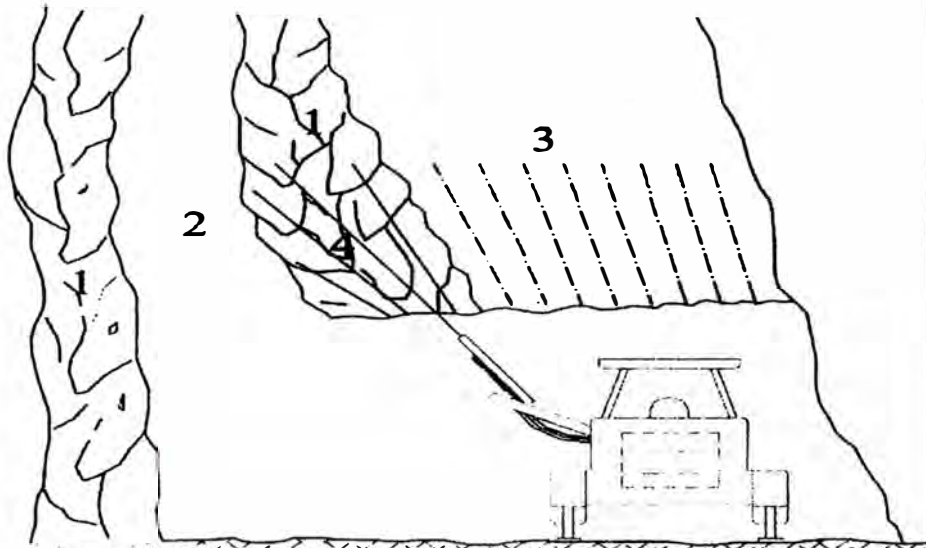
El acarreo de mineral se realiza hacia los echaderas ubicados en una de las cajas de tajeo. El acarreo se realiza con equipos L.H.D. diesel y/o eléctrico de 1.5 a 3.5 yd<sup>3</sup> de capacidad.

## CORTE Y RELLENO ASCENDENTE

DESCRIPCION	ANTERIOR SEMIMECANIZADO	ACTUAL SEMIMECANIZADO	ACTUAL MECANIZADO
<b>PERFORACION</b>			
Tipo de equipo	Stoper	Stoper	Jumbo hidráulico
Barreno Integral	2',4',6' y 8'	-	-
Barras		Cónicas (2',4',6' y 8')	Extención(1.20m)
Brocas	-	Descartable	Retractil
Altura de perforación(m)	> = 250	2.10	3.50
Marcado del cuerpo	No	Si	Si
Ancho del cuerpo (m)	>1.20	> 1.20	2.50 - 15.00
Marcado de malla	No	Si	Si
Malla de perforación (B x E) mxm	0.70 x .75	0.80 x 0.90	0.90 x 1.00
Inclinación del taladro(cara libre)	75° - 85°	70°	70°
Inclinación del taladro(buzamieto)	> 80°	65° - 80°	65° - 80°
Diámetro del taladro (mm)	39	39	63
Longitud del taladro (m)	2.20	2.25	4.60
Nº de taladros por guardia (tal/gdía)	22	25	16
Eficiencia de perforación(%)	92	94	96
<b>VOLADURA</b>			
Explosivo	ANFO	ANFO	ANFO
Cebo para iniciar columna	Dinamita	Emulsión	Emulsión
Detonador no eléctrico	TECNEL de 4.20m	TECNEL de 3.20m	TECNEL 6.50 m
Aplicación de configuraciones	Simultaneidad	Secuenciada	Secuenciada
Tiros amortiguados(caja techo y pilare)	No	Si	Si
Carga por taladros (Kg)	2.24	2.10	9.5
Taco sin cargar (cm)	5	25	100
Avance por disparo(m)	2.05	2.12	4.50
Eficiencia de voladura (%)	91	94	94
<b>INDICES TECNICOS</b>			
Factor de potencia (Kg/TM)	0.70	0.56	0.67
Perforación específica (TM/mp)	1.34	1.70	2.50
Rendimiento por taladro (TM/tal)	2.95	3.85	11.50

**Grafico N° 1**

**Sección transversal de area perforada antes de voladura**



- 1.-Zonas Potenciales productoras de bancos
- 2.-Tajo vacío
- 3.-Paralelismo a la inclinación de diseminado
- 4.-Forma de perforar en zonas productoras de bancos

**Grafico N° 2**

**Configuración de microretardos secuenciados**

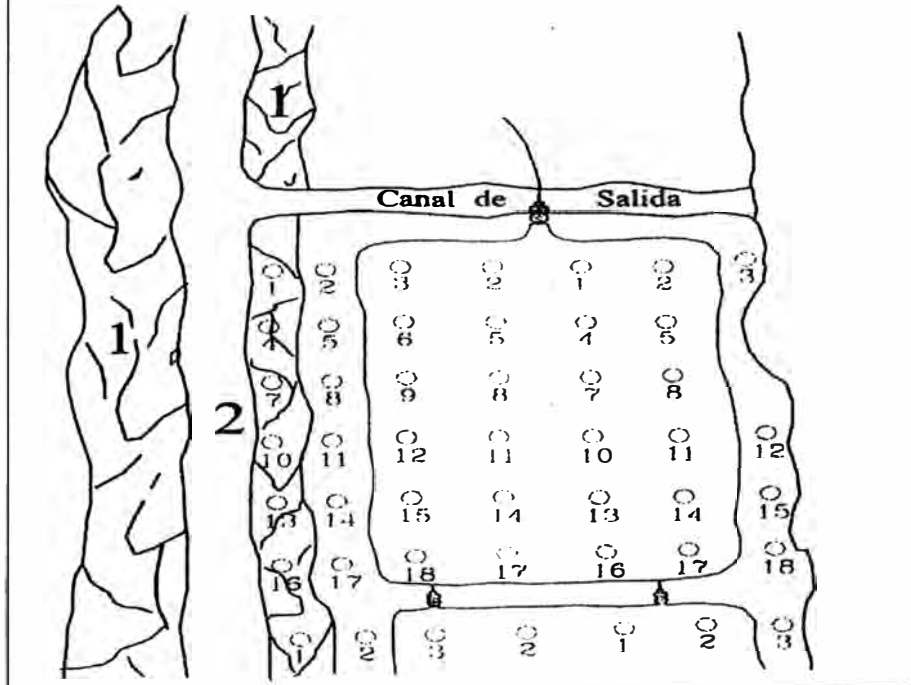
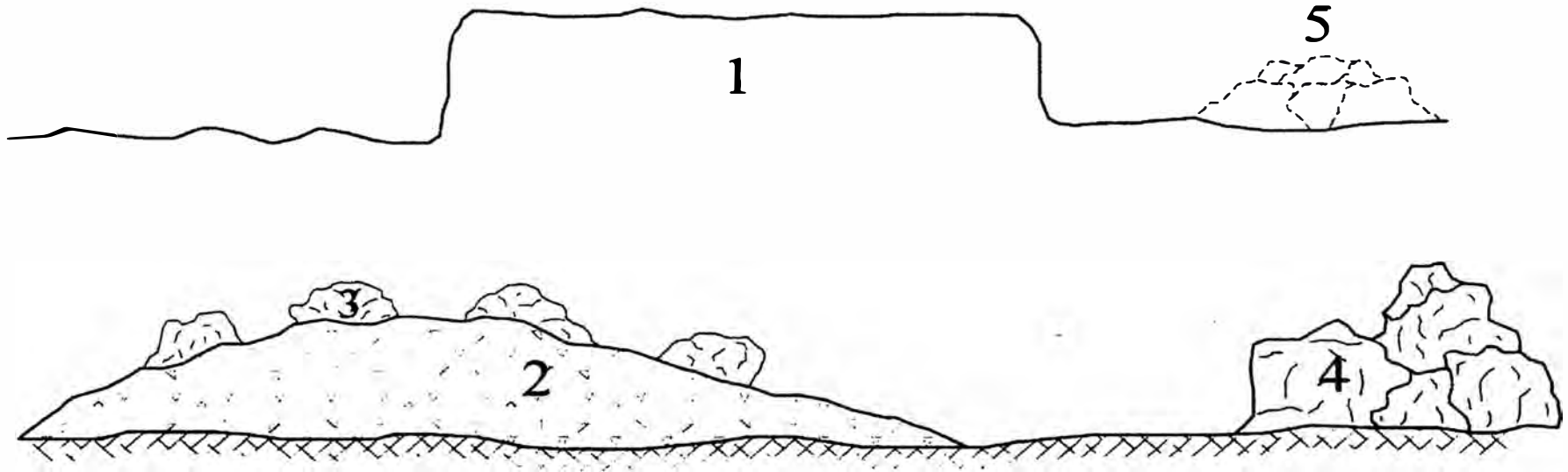




GRAFICO N° 3

### Resultados de la Voladura

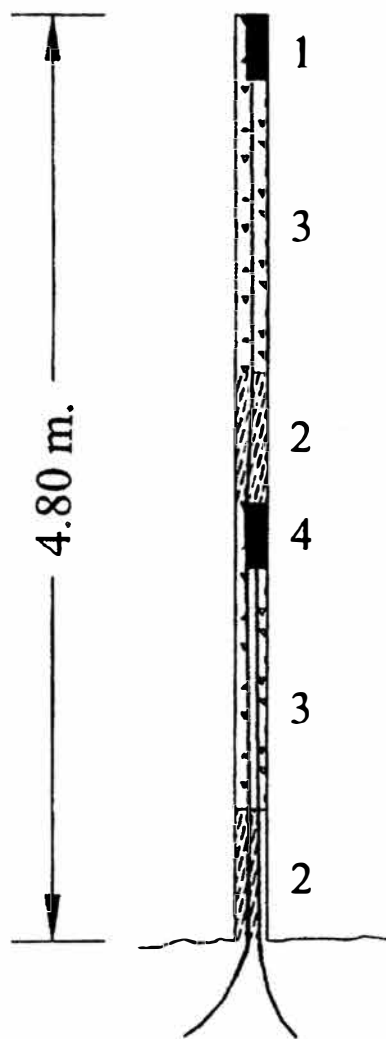


30

- 1.-Area disparada
- 2.-Fragmentación lograda del area disparada
- 3.-Bancos provenientes de la zona adyacente superior
- 4.-Bancos provenientes de la zona adyacente a la voladura
- 5.-Zona adyacente

GRAFICO N° 4

### Diseño de Taladro seccionado y retardado



- 1- Cebo: medio cartucho semexsa 1 1/2"x 12" con accesorio microretardo
- 2- Taco de 0.50 m. de material inerte
- 3- Carga de anfo
- 4- Cebo: medio cartucho de microretardo diferente

#### 5.2.4. Relleno

En la zona alta se usa el relleno detrítico y en la zona baja se usa relleno hidráulico. Limite de zonas es el Nv. 1700 (**ver sección longitudinal de niveles**)

### 6. APLICACION DEL METODO DE EXPLOTACION SUBLEVEL STOPING

En la mina Yauliyacu haciendo un estudio técnico económico es posible aplicar el método SUBLEVEL STOPING.

A continuación se muestra las operaciones unitarias de perforación y voladura en el diseminado de la veta L (Cuerpo Jackie).

#### RESERVAS MINABLES

RESERVAS PROBADO-PROBABLE AÑO 00 CUERPO JACKIE						
Nv.	TMS	%Zn	%Pb	%Cu	OzAg/TMS	US\$/TMS
4860	79440	1.99	1.13	0.27	4.57	26.68

#### 6.1. Descripción

El cuerpo Jackie al inicio se a explotado con el método corte y relleno ascendente en cajas mineralizadas de la veta L (explotada con mucha anterioridad). Con un estudio técnico económico se empieza a preparar el block de 45 m para taladros largos.

#### 6.2. Condiciones de aplicación

- El buzamiento del cuerpo es 70° NW

- El mineral y rocas encajonantes son de calidad regular a buena con valores de RMR entre 55 y 60 y resistencia compresiva de la roca intacta entre 80 y 100 Mpa.
- Las dimensiones del cuerpo (promedio) es : 45m de altura, 12 m de ancho y 100m de largo.

### 6.3 Preparación

- Construcción de By pass (350 x 3.50m) de extracción en caja piso y paralelo al cuerpo mineralizado **ver plano de detalles de planta 4860 Jackie 250.**
- Construcción de Ventanas (3.50 x 3.50 m) que intercomunique el by pass de extracción y el cuerpo mineralizado para el sistema de echaderos continuo (Draw Point).
- Contorneo de la mineralización con 3.20 m de altura de perforación.
- Construcción de chimenea (cara libre) de 1.50 x 1.50 m entre el nivel de extracción y el nivel superior de perforación.

### 6.4 Operaciones Unitarias

#### 6.4.1 Perforación

- La perforación es radial y vertical tanto para arriba como para abajo (L.B.H.)
- El equipo es un Jumbo neumático DRIFTECH que perfora taladros de 0° a 360°
- Durante el trabajo se tiene presión dinámica 85PSI y presión estática 98 PSI
- El varillaje utilizado consiste en :

ITEM	Vida Util m	Prec Unit. US\$	Costo parcial US\$/m
Shank Adapter 1 1/4" R32	900	125	0.139
Barra de extensión R32 1.20m	1200	188	.157
Broca botón esférico R32 2 1/2"Ø	450	150	0.333

- Los parámetros de perforación fueron diseñadas en función a la dureza del mineral, fragmentación requerida, diámetro y longitud de taladro, orientación tipo de explosivo y precisión en el emboquillado.

El burden se ha determinado con el modo matemático de LANGERFOR.

$$B_{\max} = \frac{D}{33} \sqrt{\frac{de * PRP}{c * f * (E/B)}}$$

Donde :

$B_{\max}$  = Burden máximo (m) = 2.064

D = Diámetro del taladro (63mm)

de = Densidad del explosivo (0.82 gr/cc)

PRP = Potencia relativo por peso del explosivo = 100%

c = Constante de roca = 0.75

f = Factor de fijación que depende de la inclinación del taladro  
= 0.95

E/B = Espaciamiento / Burden = 1

El Burden práctico ( $B_p$ ) se ha determinado a partir de :

$$B_p = B_{\max} - e - db * L$$

Donde :

$e =$  error en el empate (0.2 m)

$db =$  Desviación de los taladros (0.023m/m)

$L =$  Longitud del taladro (15 m)

Reemplazando en la fórmulas tendremos :

$B_p = 1.50m$                    $E = 1.50m$

- Parámetros considerados en el cálculo del costo de perforación con equipo DRIF TECH

Horas / guardia = 4

Guardias / día = 2

Días / mes = 25

Velocidad de perforación = 14m/h

#### **6.4.2. Voladura**

Esta actividad unitaria se realiza en forma sistemática considerando los siguientes aspectos :

- Tener la historia de cada taladro.
- La voladura se realiza en forma escalonada o gradines invertidos, el mismo que permite ejecutar el trabajo en condiciones seguras para el personal y equipo.
- El carguio de taladros verticales hacia arriba se realiza por medio del cargador de ANFO (ANFOCAR) y de la manguera antiestática 1" Ø x 20m
- En el carguio de taladros verticales se deja 1.50 m. de taco.
- En el carguio de taladros en abanico se empieza de un taladro vertical para luego dejar tacos de 2m y 3m. El trabajo consiste en no concentrar carga en la zona de convergencia de taladros.

- El carguio de taladros verticales hacia abajo es por medio de la gravedad.
- Una manera de controlar el nivel de vibración es con la configuración secuenciada (tener 2 microretardos del mismo número como máximo en un disparo).

#### 6.4.2.1. Costo unitario de voladura

Labor : 4860 L Jackie 277

Sección : 24 y 25 (ver plano de perforación Jackie - 277 - By Pass)

Diámetro de taladro = 63mm con agua

Longitud de taco = 1.50 a 3m según disposición de taladros

Longitud libre (abajo taponeado) = 0.35m

Tonelaje roto = 974 t

ANFO utilizado = 253 Kg

Factor de potencia = 0.26 Kg/TM

Factor de potencia con voladura secundaria = 0.28 Kg/TM

Explosivos y Accesorios	Unid	Cantid.	Precio Unit. US\$	Costo Parc US\$/TM
Nitrosem "O"	Kg	253	0.49	0.127
Iremita 82 1 1/2" x 8"	Cr	55	0.64	0.036
Tecnel periodo corto(16.5m)	Pz	37	2.85	0.108
Cordón Detonante (3gr-plus)	m	30	0.13	0.004
Guía carmex (9 pies)	Pz	2	0.55	0.001
Mano de Obra	Tarea	2	19.34	0.004
Costo equipo de carguio taladro largo (US\$/TM)				0.010
<b>Costo unitario de voladura primaria (US \$ /TM)</b>				<b>0.326</b>
<b>Costo unitario de voladura secundaria (US\$/TM)</b>				<b>0.342</b>
<b>Costo unitario de voladura (US\$/TM)</b>				<b>0.668</b>

## CALCULO DEL COSTO DE PERFORACION CON EQUIPO DRIF TECH

RUBRO	US\$/h	US\$/m	US\$/TM
<b>1 Costo de depreciación del equipo</b>			
Precio del equipo US\$ 83670			
Vida útil 5 Años < > 12000 hrs.			
Valor residual (10%) US\$ 8367			
Costo de depreciación 75303/12000	6.280	0.449	0.102
<b>2 Costo de mantenimiento</b>			
Costo mensual (US\$/mes) 320			
Costo horario (US\$/h) 1.60	1.600	0.114	0.026
<b>3 Costo de reparación</b>			
Costo mensual (US\$/mes) 1500			
Costo horario (US\$/h) 7.50	7.500	0.536	0.122
<b>4 Costo de aceite de perforación</b>			
Aceite torcula (Gln/mes) 100			
Precio (US\$/Gln) 2.61			
Costo mensual (US\$/mes) 261			
Costo horario (US\$/h) 1.31	1.310	0.094	0.021
<b>5 Consumo de aire comprimido</b>			
Consumo (CFM) 360			
Tarifa (US\$/m <sup>3</sup> ) 0.03			
Consumo de aire/guardia(m <sup>3</sup> ) 2446.55			
Costo horario (US\$/h) 5.89	5.890	0.421	0.096
<b>6 Costo de aceros de perforación</b>	8.820	0.630	0.143
<b>7 Costo por mano de obra</b>			
Operador (tarea) 1			
Jornal (US\$) 23.33			
Costo horario (US\$/h) 2.92	2.920	0.209	0.047
<b>COSTO TOTAL PERFORADO</b>	<b>24.320</b>	<b>4.453</b>	<b>0.557</b>



### **6.4.3. Acarreo**

El acarreo de mineral se realiza hacia un echado principal (5A) ubicada en el extremo N del tajeo. El acarreo es a control remoto con equipo L.H.D. diesel de 6 yd<sup>3</sup> de capacidad.

### **6.4.4. Relleno**

Se tiene en proyecto el relleno en pasta.

## **7. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS**

### **7.1 Conclusiones**

- El método SUBLEVEL STOPING en sus variantes de perforación radial y L.B.H. (Large Blast Hole) tiene alta productividad y bajos costos (1,225 US \$/TM) con relación a los otros métodos (1.675 US\$ /TM)
- En tajeos corte y relleno la dilución máxima es 25% para vetas menores a 0.80 m y 5% para vetas y/o cuerpos mayores a 0.80 m
- Los taladros radiales tiene difícil control en la perforación y voladura. En los disparos la presencia de bancos es del orden del 15% a más.
- La fórmula para controlar la dilución en Yauliyacu es :
  - paralelismo
  - Taladros amortiguados al techo y zonas "movidas"
  - Manipuleo adecuado de explosivos y accesorios
  - Supervisión y seguimiento

## 7.2. Sugerencias

- Evaluar la voladura secundaria y rompebancos móviles en las labores
- Mejorar el control de leyes sacando muestras de testigos, evaluando los detritus de perforación, etc. para la explotación con el método SUBLEVEL STOPING.
- Es preferible realizar taladros verticales paralelos para tener constantes el burden y espaciamiento. En el disparo la fragmentación es uniforme (8% presencia de bancos).
- En el carguio de taladros con presencia de agua es recomendable para el ANFO utilizar mangas de plástico.
- Es importante aplicar voladuras controladas cerca a las cajas para evitar la sobrerotura.
- Habilitar cámaras para voladura secundaria. Es preferible el "Cachorro" al "plasteo" por generar menos ondas aéreas, vibraciones y consumo de explosivos.

# **A N E X O S**

PLANO 03





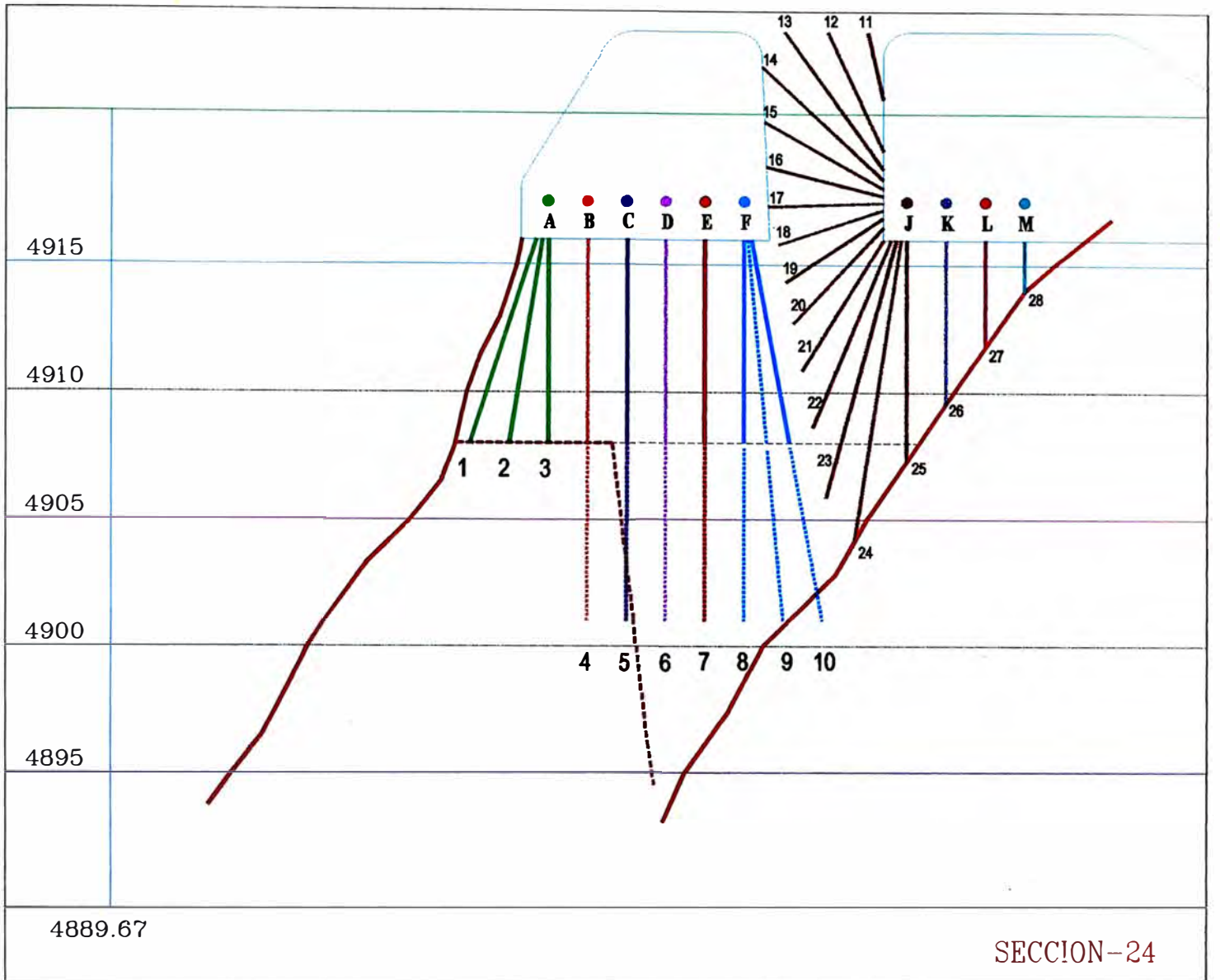
GRTE. OPER. : F. PAJUELO  
 SUPT. TEC. : R. DE FIGUEREIDO  
 SUPT. MINAS : J. HUAPAYA  
 SEGURIDAD : A. PUENTE  
 AS.SUP.MINAS :  
 GEOLOGIA : J. BEDOYA

JEFE INGENIERIA : P. QUINTEROS  
 JEFE PLAN/PROY. : D. TORRES  
 MEC. DE ROCAS : P. NIZAMA  
 VENTILACION : G. HUAMANI  
 TOPOGRAFIA :  
 DIBUJO : E.E.G.

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA  
**PROYECTO PERFORACION TALADROS LARGOS SUB LEVEL STOPING**  
**PLANO DETALLES DE PLANTA 4860 JACKIE 277**

ESCALA : 1/100  
 FECHA : 06/04/00  
 N° PLANO:

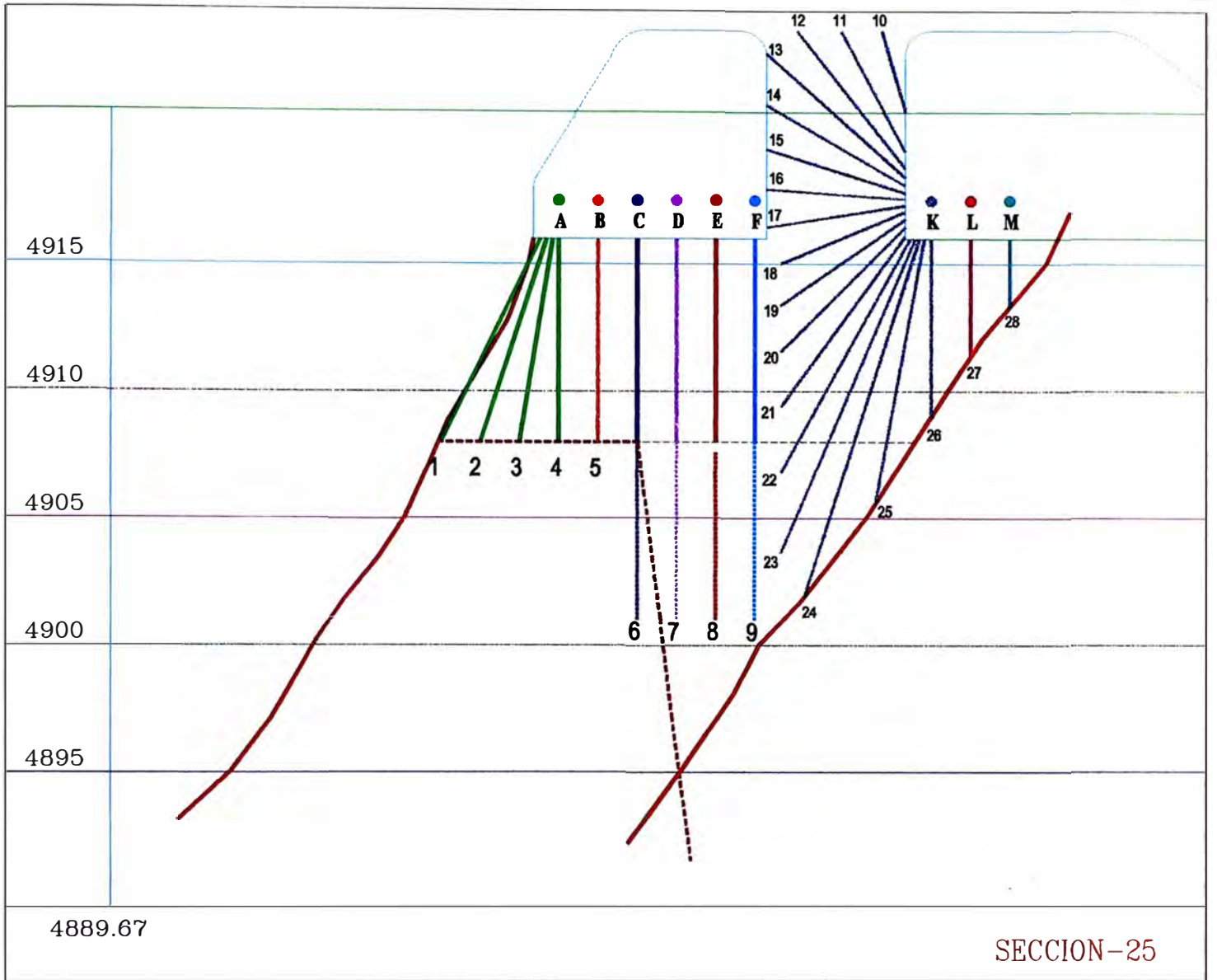




4889.67

SECCION-24

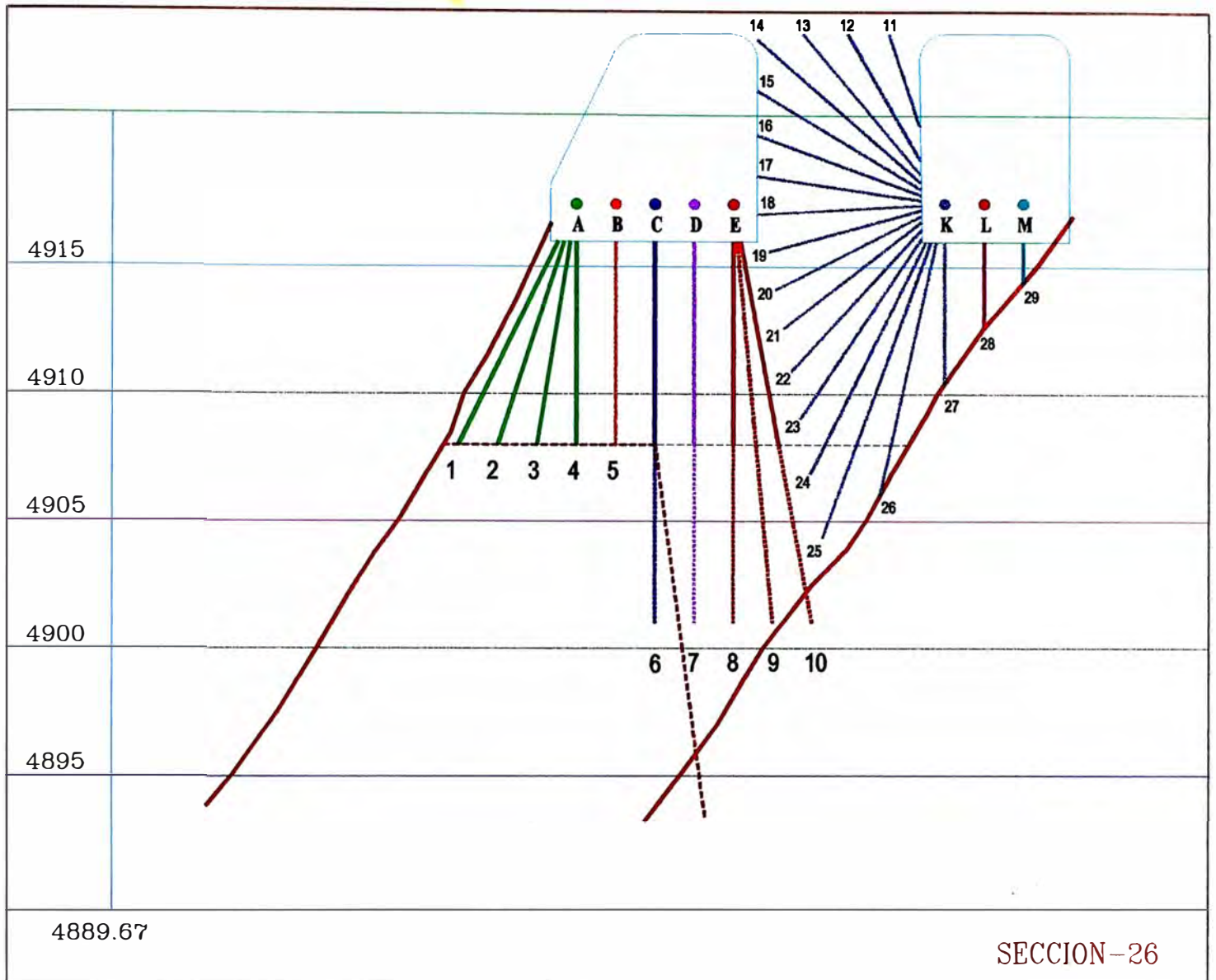
JACKIE - 277 - BY PASS		N° TALADRO	LARGO	N° BARRAS	ANGULO	N° TALADRO	LARGO	N° BARRAS	ANGULO
SECCION 24									
Ton = 431.93									
Ton / m. = 4.02									
J		11	3.00	2.5	77°				
		12	5.00	4	66°	J	23	10.50	9
		13	6.50	5.5	55°		24	12.00	10
		14	6.50	5.5	44°	K	25	9.00	7.5
		15	5.50	4.5	30°	L	26	6.50	5.5
		16	4.50	3.5	14°	M	27	4.50	3.5
		17	4.50	3.5	2		28	2.00	2
		18	4.00	3.5	19°				
		19	4.50	3.5	34°				
		20	5.00	4	48°				
	21	6.00	5	59°					
	22	8.00	7	68°					
ESCALA 1/250							107.50	96.5	TOTALES



4889.67

SECCION-25

JACKIE - 277 - BY PASS		Nº TALADRO	LARGO	Nº BARRAS	ANGULO	Nº TALADRO	LARGO	Nº BARRAS	ANGULO	
SECCION 25										
Ton = 541.89										
Ton/m.= 4.00										
K		10	3.50	3	74°	K	22	10.50	9	62°
		11	5.50	4.5	63°		23	13.50	11.5	67°
		12	7.00	6	52°		24	15.00	12.5	73°
		13	7.50	6.5	43°		25	10.50	9	80°
		14	6.00	5	31°		26	7.00	6	90°
		15	5.50	4.5	18°	L	27	4.50	3.5	90°
		16	5.50	4.5	4°	M	28	2.50	2	90°
		17	5.50	4.5	9°					
		18	5.00	4	23°					
		19	6.00	5	36°					
	20	7.00	6	46°						
	21	8.00	7	55°						
ESCALA 1/250							135.50	114.00	TOTALES	



4889.67

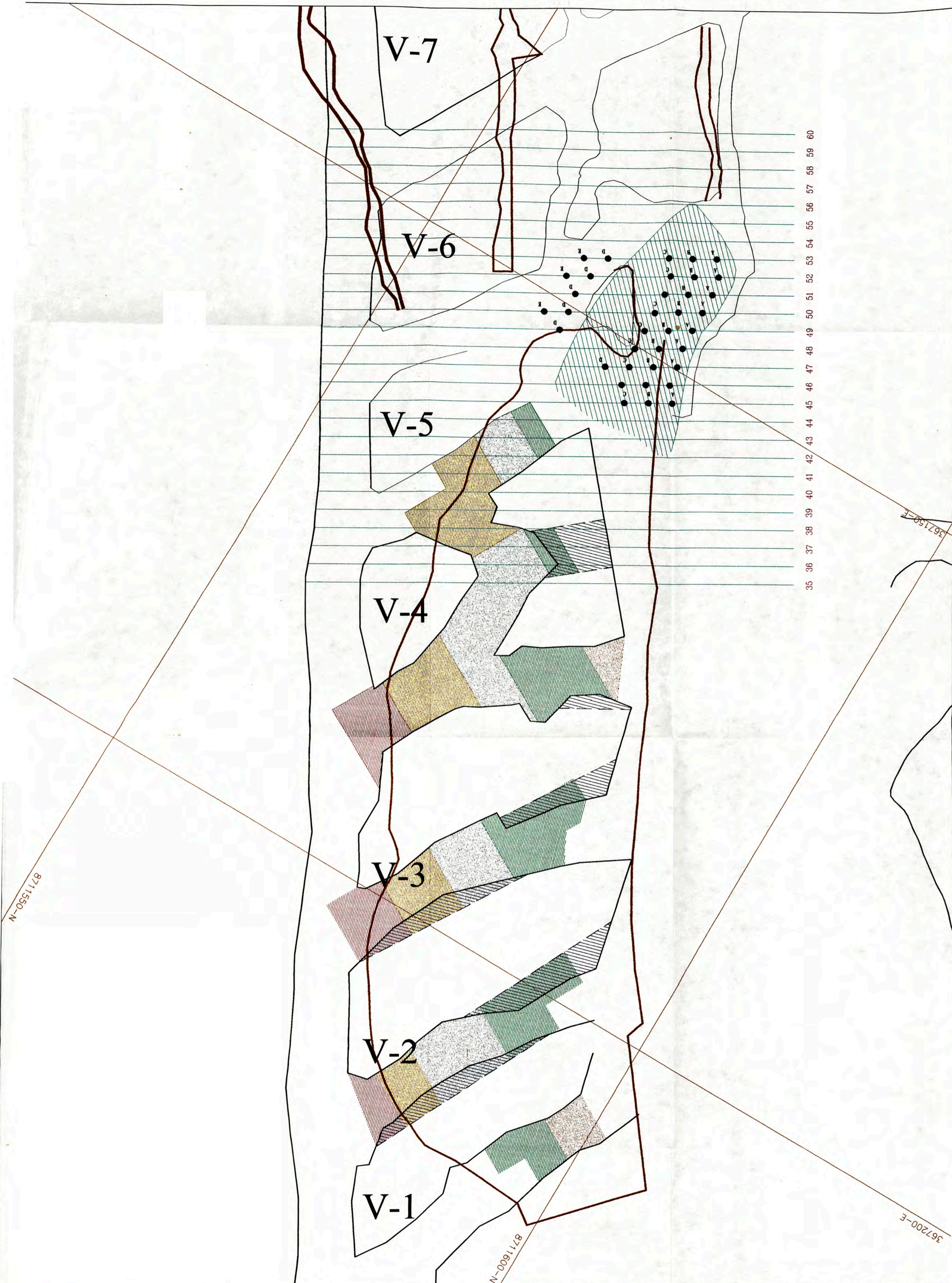
SECCION-26

JACKIE - 277 - BY PASS		N° TALADRO	LARGO	N° BARRAS	ANGULO	N° TALADRO	LARGO	N° BARRAS	ANGULO
SECCION 26									
Ton = 483.12									
Ton / m. = 3.67									
K	11	4.00	3.50	72°	K	23	8.50	7	57°
	12	6.00	5	61°		24	10.00	8.5	64°
	13	7.00	6	51°		25	12.50	10.5	70°
	14	8.50	7	42°		26	10.0	8.5	78°
	15	7.50	6.5	32°		27	5.50	4.5	90°
	16	7.00	6	20°	L	28	3.50	3	90°
	17	6.50	5.5	9°	M	29	1.50	1.5	90°
	18	6.50	5.5	3°					
	19	6.00	5	16°					
	20	6.50	5.5	28°					
21	7.00	6	39°						
22	7.50	6.5	48°						
ESCALA 1/250							131.50	111.50	TOTALES



PLANO 04





N-055118

N-009118

367150-E

367200-E

35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60



GRTE. OPER. : F. PAJUELO	JEFE INGENIERIA : P. QUINTEROS
SUPT. TEC. : R. DE FIGUEREIDO	JEFE PLAN/PROY. : D. TORRES
SUPT. MINAS : J. HUAPAYA	MEC. DE ROCAS : P. NIZAMA
SEGURIDAD : A. PUENTE	VENTILACION : G. HUAMANI
AS.SUP.MINAS :	TOPOGRAFIA :
GEOLOGIA : J. BEDOYA	DIBUJO : E.E.G.

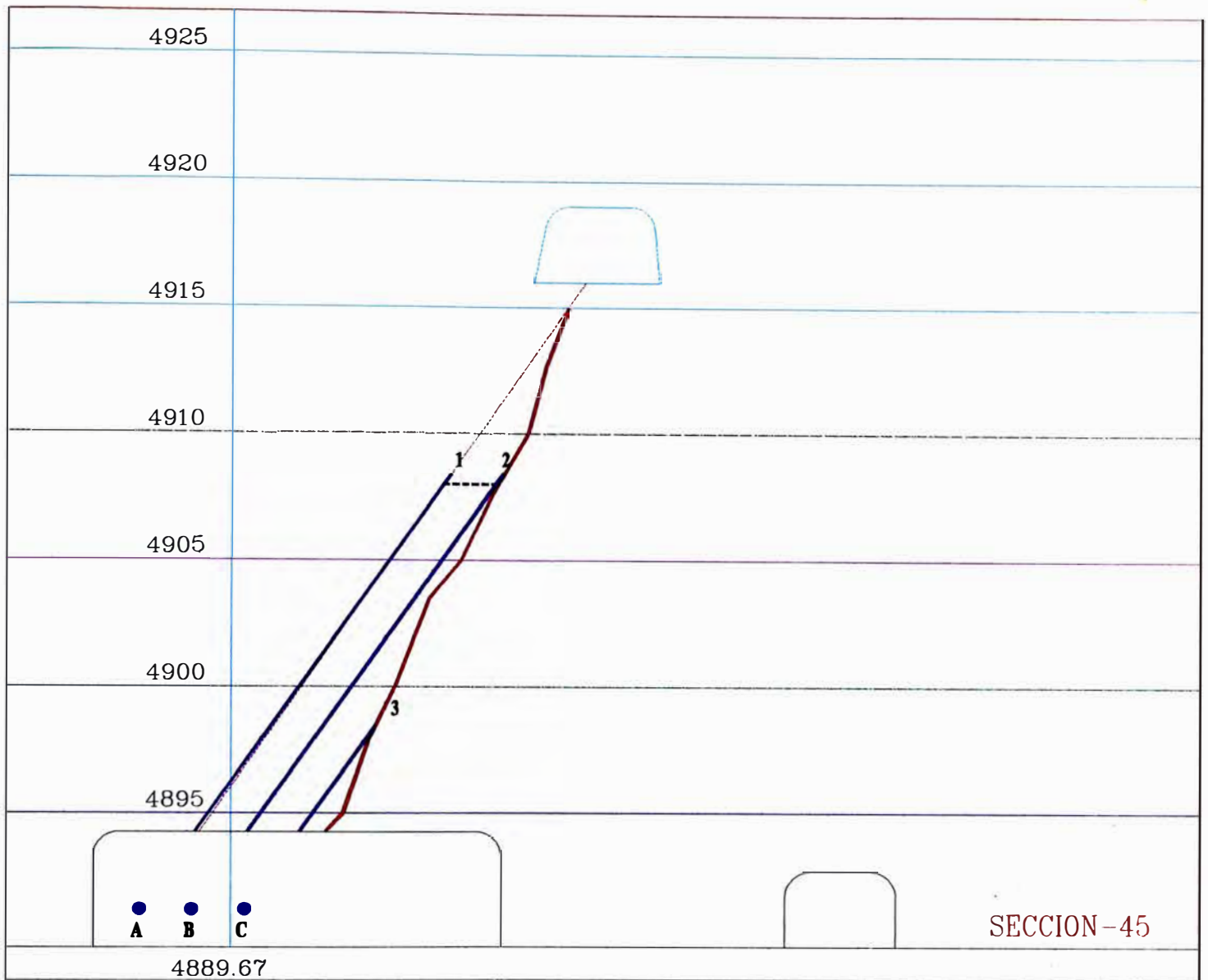
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA

**PROYECTO PERFORACION TALADROS LARGOS SUB LEVEL STOPING**

**PLANO DETALLES DE PLANTA 4860 JACKIE 250**

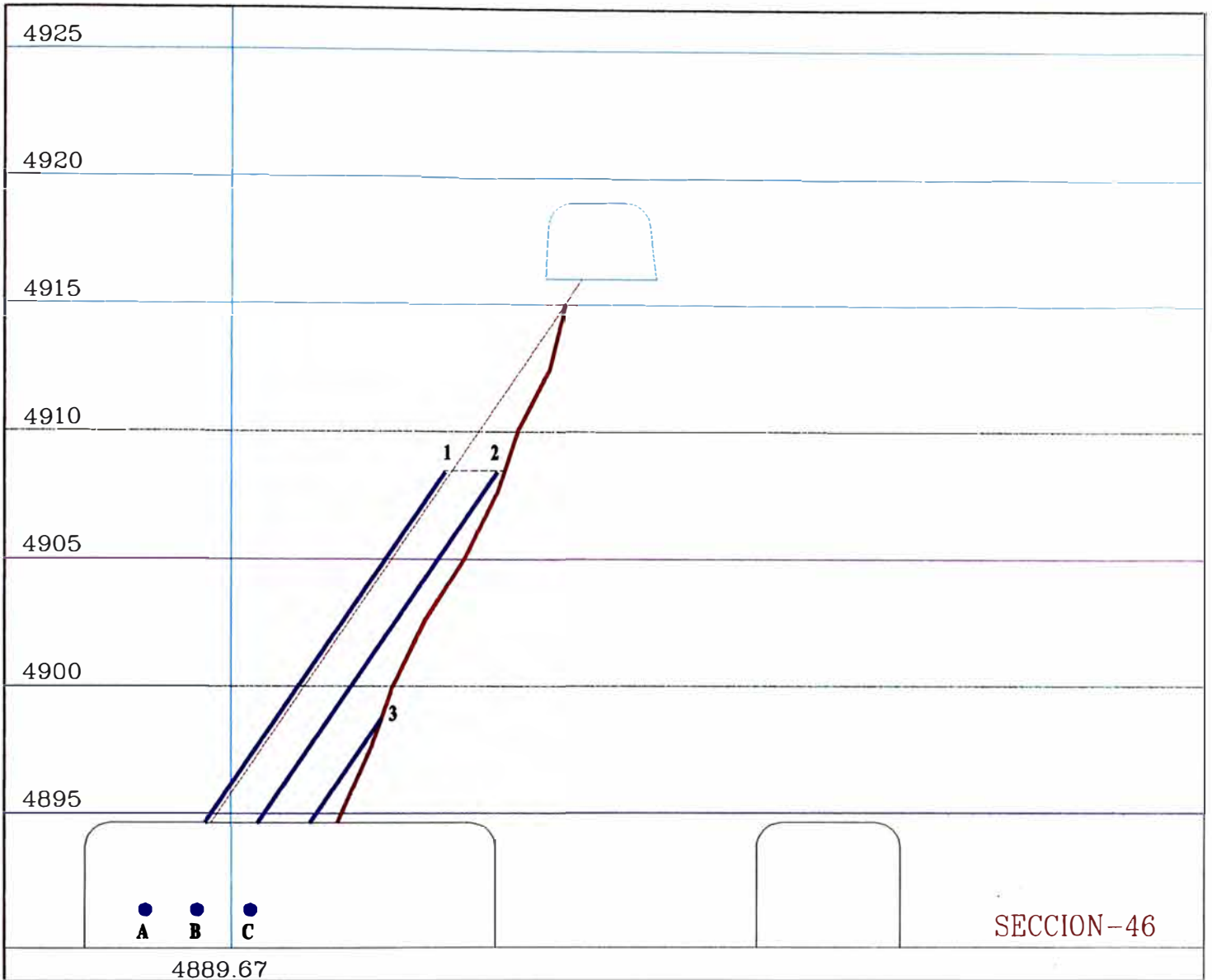
ESCALA : 1/200
FECHA : 06/04/200
N° PLANO:





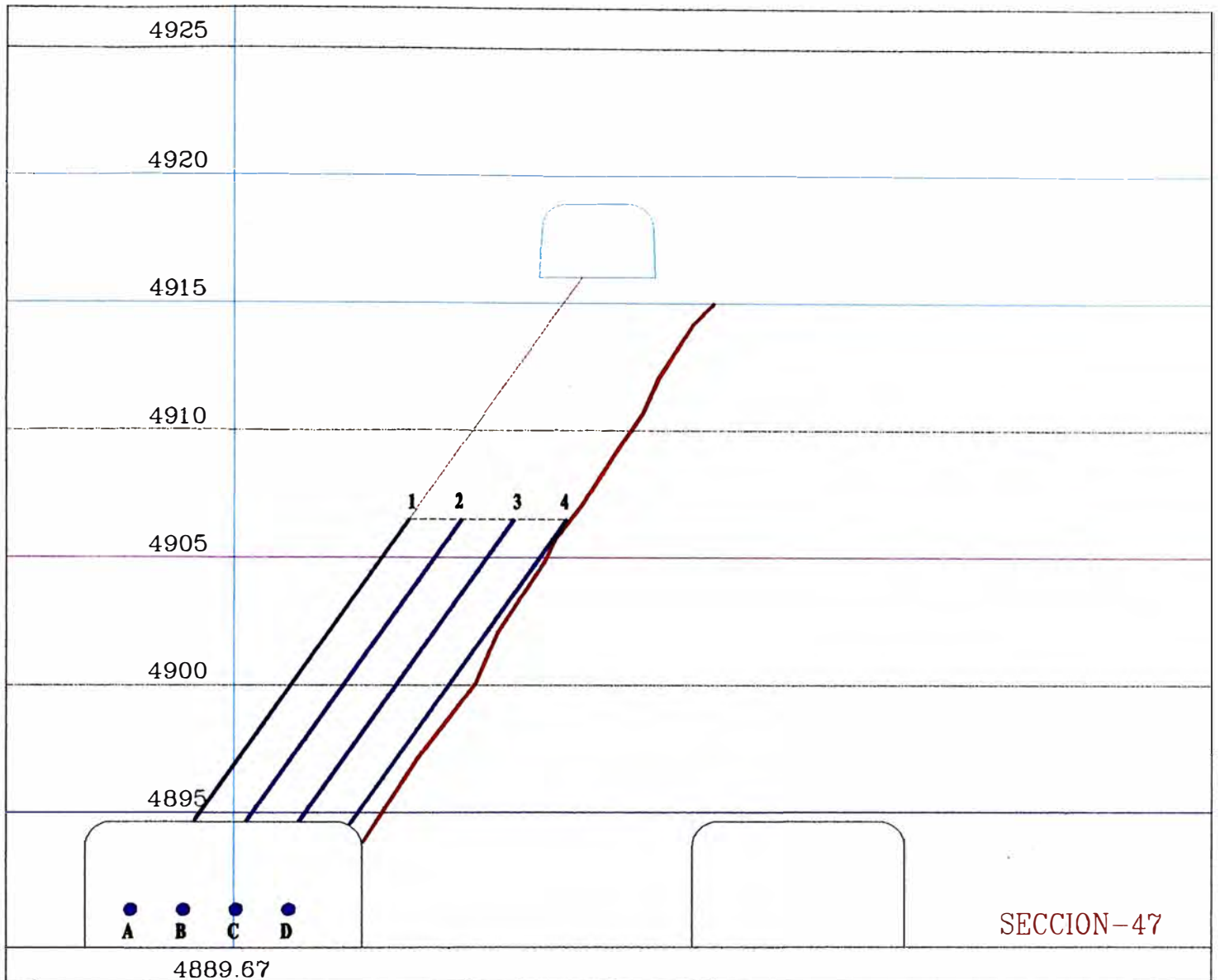
JACKIE - 250 - BY PASS		N° TALADRO	LARGO	N° BARRAS	ANGULO	OBSERVAC.
SECCION 45		A	17.50	14.50	55°	
Ton = 200.07		B	17.50	14.50	55°	
Ton/m.= 5.00		C	5.00	4	55°	
ESCALA 1/250			3	40.00	33	TOTALES

NOTA : \* SECCIONES MIRANDO AL NORTE (COMUNICACION A SUPERFICIE)  
 \* CADA SECCION ES 10° INCLINADO (HACIA CHIMENEA DE SALIDA SLOT RAISE)



JACKIE - 250 - BY PASS		N° TALADRO	LARGO	N° BARRAS	ANGULO	OBSERVAC.
SECCION 46		A	1	16.50	14	57°
Ton = 183.91		B	2	16.50	14	57°
Ton / m. = 4.84		C	3	5.00	4	57°
ESCALA 1/250			3	38.00	32	TOTALES

NOTA : \* SECCIONES MIRANDO AL NORTE (COMUNICACION A SUPERFICIE)  
 \* CADA SECCION ES 10° INCLINADO (HACIA CHIMENEA DE SALIDA SLOT RAISE)



<b>JACKIE - 250 - BY PASS</b>		<b>N° TALADRO</b>	<b>LARGO</b>	<b>N° BARRAS</b>	<b>ANGULO</b>	<b>OBSERVAC.</b>
<b>SECCION 47</b>		A	1	14.50	12	55°
Ton = 308.08		B	2	14.50	12	55°
Ton / m. = 5.31		C	3	14.50	12	55°
		D	4	14.50	12	55°
<b>ESCALA 1/250</b>						
			<b>4</b>	<b>58.00</b>	<b>48.00</b>	<b>TOTALES</b>

NOTA : \* SECCIONES MIRANDO AL NORTE (COMUNICACION A SUPERFICIE)  
 \* CADA SECCION ES 10° INCLINADO (HACIA CHIMENEA DE SALIDA SLOT RAISE)

## BIBLIOGRAFIA

- ❖ I, II, III y IV Simposium Nacional de perforación y voladura de Rocas "Universidad Nacional de Ingeniería", 1990 - 1997.
- ❖ V Simposium Internacional de perforación y Voladura de rocas "Universidad Nacional de Ingeniería", 1999.
- ❖ INGEMMET - KFW - 01M "Análisis del Estado Tecnológico de los Métodos de Explotación subterránea aplicados en las Minas del Perú" 1991.
- ❖ AGREDA T. Carlos "Curso de Modelización Matemática de la voladura de Rocas" Lima - Perú . Nov. 1993.
- ❖ Universidad Nacional de Ingeniería " Metodología de costos de Operación en Minería", Marzo 1992.
- ❖ MATO C. Orlando "Explotación por Banqueo con taladros largos (L.B.H.)".
- ❖ EXSA "Manual práctico de voladura".
- ❖ DYNO "Voladura de rocas Manual de Ingeniero" Lima - Perú, Enero 1999.
- ❖ BUSTIOS G. Alfonso "Informe Técnico del Asesor de control dilución por Minado" Casapalca Junio 1997 Diciembre 1998.
- ❖ FELIX L. Rosas "Apunte e informe mensual como supervisor de perforación y voladura", Casapalca Enero 1998 - Abril 2000.
- ❖ Métodos de explotación Subterránea "Apuntes de Clase, Ing. Isaac Rios", UNI 1995.