

**Universidad Nacional de Ingeniería**  
**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera**  
**y Metalúrgica**



**EMULSION ENCARTUCHADA EN MINERIA**  
**SUBTERRANEA DE VETAS ANGOSTAS**

**INFORME DE INGENIERIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**

**INGENIERO DE MINAS**

**BUENAVENTURA URQUIZA RENGIFO**

**LIMA – PERU**  
**1998**

Deseo agradecer a mi Madre Estefania, ha mi hermana Yolanda por todo el apoyo que me brindaron para poder llegar ha concluir mi carrera, también a mi esposa Mirella por su paciencia hacia mi persona, ha mi hijo Heiser y mi hija Estefany.

“Lo que se hace bién una vez, queda hecho para siempre.

Todo lo que se merece ser hecho, merece ser bién hecho”.

## INDICE

### **CAPITULO I**

1.1.-	ABSTRACTO.....	1
1.2.-	INTRODUCCION.....	1

### **CAPITULO II**

2.0.	ASPECTOS GENERALES MINA.....	3
2.1.-	UBICACIÓN Y ACCESO.....	3
2.2.-	PLANO DE UBICACIÓN.....	4-5
2.3.-	HISTORIA.....	6
2.4.-	CLIMA Y VEGETACION.....	7
2.5.-	FISIOGRAFIA.....	8
2.6.-	RECURSOS.....	8
2.7-	PROPIEDADES MINERAS.....	9
2.8-	CUADRO HISTORICO DE PRODUCCION.....	10-11
2.9-	PLANTA CONCENTRADORA.....	12
	2.9.1.- CHANCADO.....	12
	2.9.2.- MOLIENDA.....	12
	2.9.3.- FLOTACION.....	12
	2.9.4.- FILTRADO.....	13
	2.9.5.- RELAVE.....	13
	2.9.6.- PRODUCCION DE CONCENTRADOS.....	13
	2.9.7.- LEYES CONCENTRADORAS PROMEDIOS.....	14
	2.9.8.- DIAGRAMA FLUFO.....	15

## CAPITULO III

3.0.	ASPECTOS GEOLOGICOS.....	17
3.1.-	GEOLOGIA REGIONAL.....	17
3.1.1.-	ESTRATIGRAFIA.....	17
3.1.2.-	ROCAS VOLCANICAS.....	17
3.1.3.-	ROCAS INTRUSIVAS.....	17
3.2.-	GEOLOGIA LOCAL.....	18
3.2.1.-	STOCK CERRO EL CARMEN.....	18
3.2.2.-	STOCK CERRO BLANCO.....	18
3.3.-	GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	19
3.3.1.-	PLEGAMIENTOS.....	19
3.3.2.-	FALLAMIENTOS.....	19
3.3.3.-	FRACTURAMIENTO.....	20
3.4.-	GEOLOGIA ECONOMICA.....	21
3.4.1.-	VETAS.....	21-25
3.4.2.-	VETAS, CUERPOS (METASOMATICOS DE CONTACTO).....	26
3.4.3.-	STOCK WORK.....	27
3.4.4.-	BRECHAS.....	28
3.4.5.-	DISEMINADOS.....	29
3.4.6.-	MINERALIZACION Y PARAGENESIS.....	29
3.4.7.-	ALTERACION HIDROTERMAL.....	30-31
3.5.-	RESERVAS.....	32
3.5.1.-	ESTIMACION DE RESERVAS.....	32
3.5.2.-	RESERVAS A CUT OFF \$ 35.00.....	32
3.5.3.-	RESERVAS MINABLES .....	33-36

## CAPITULO IV

4.0.	EXPLOSIVOS USADOS EN SAYAPULLO	
4.1.-	INTRODUCCION.....	37
4.2.-	DEFINICION DINAMITA.....	38
4.3.-	DEFINICION EMULSION.....	39
4.3.1.-	COMPOSICION EMULSION EXPLOSIVOS.....	40-41
4.3.2.-	COMPOSICION PORCENTUAL GENERICA.....	42
4.3.3.-	ESPECIFICACIONES TECNICAS DE UNA EMULSION.....	42
4.4.-	CLASIFICACION DE LOS EXPLOSIVOS USADOS EN SAYAPULLO.....	43
4.5.-	PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS.....	44
4.6.-	CALCULO DE PRESION DENOTACION.....	45

## CAPITULO V

5.0.	MINERIA.....	45
5.1.-	SISTEMA DE MINADO.....	46-49
5.2.-	LABORES.....	50
5.2.1.-	LABORES DE EXPLORACION Y DESARROLLO.....	50
5.2.2.-	LABORES DE PREPARACION Y EXPLOTACION.....	51
5.3.-	PERFORACION Y VOLADURA.....	52
5.3.1.-	MALLAS DE PERFORACION Y TRAZOS VOLADURA PARA FRENTE.....	52-53
5.3.2.-	DETERMINACION DEL BURDEN Y ESPACIAMIENTO PARA LOS FRENTE (SEGÚN E. J. KONYA).....	54-57
5.3.3.-	DETERMINACION DEL BURDEN Y ESPACIAMIENTO PARA LOS TAJOS (SEGÚN TEORIA PEARSE).....	60-65

5.3.4.- ANALISIS DE RESULTADOS. FRENTES.....	66-67
5.3.5.- ANALISIS DE RESULTADOS. TAJOS.....	68

## **CAPITULO VI**

<b>6.0. EVALUACION TECNICO-ECONOMICA, DE LA VOLADURA CON DINAMITA VS. IREMITA</b>	
6.1.-ANALISIS COMPARATIVO. FRENTES.....	70
6.2.-ANALISIS COMPARATIVO TAJOS.....	71
6.3.-EVALUACION TECNICO-COMPARATIVO.....	72
6.4.-EVALUACION TECNICO-ECONOMICO, PERFORACION Y VOLADURA.....	73-76

## **CAPITULO VII**

<b>7.0. DISCUSION – RESULTADOS.....</b>	<b>77</b>
7.1.-FRENTES.....	77
7.2.-TAJOS.....	78

## **CAPITULO VIII**

<b>8.0. CONCLUSIONES.....</b>	<b>79-81</b>
-------------------------------	--------------

## **CAPITULO IX**

<b>9.0. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>82-83</b>
----------------------------------	--------------

## **CAPITULO X**

<b>10. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>84</b>
------------------------------	-----------

# CAPITULO I

## 1.1.- ABSTRACTO

Sayapullo en la actualidad tiene un crecimiento sostenido, a partir de 1995 que se tuvo un proyecto de financiamiento solicitado al Banco Wiese de 3.3 millones de dolares con tasas de interes 12.5% anual con plazo de 8 años incluido 2 años de gracia del repago del crédito.

El proyecto tuvo como objetivo principal desarrollo, actividades de inversión y reinversión en maquinarias, equipos para las diferentes labores: explotación, exploración, desarrollo, extracción, generación de Energía Eléctrica y las operaciones de concentración de Minerales de Planta de procesamiento, ampliando la capacidad instalada de producción de concentrados en general y lograr beneficios 600 TM/día.

El propósito de las inversiones permite el incremento de la producción con mayor rentabilidad a mayores ventas, mayor eficiencia en los costos de extracción y de tratamiento.

Así el trabajo que aquí se presenta es debido a la necesidad de realizar innovaciones en los trabajos de perforación y voladura, teniendo como objetivo principal subir la producción actual, la producción de mineral de mina esta dado en un 75% de los tajos y 25% desarrollos y preparaciones.

## 1.2.- INTRODUCCION

El presente trabajo traduce la experiencia lograda en la unidad de producción de la Compañía Minera Sayapullo. Con el uso de la emulsión encartuchada en minería subterránea de vetas angostas y cuyas bondades han permitido una evaluación aceptable de nuestros parámetros de perforación y voladura incidiendo directamente en la reducción de costos por estos conceptos y el incremento de la producción de mineral.

El método de minado es corte y reducción dinámica (Shrinkage) con una producción promedio de 450 TM/día, el mineral llega a la planta en dos etapas.

La planta concentradora tiene una capacidad de 600 TM/día se obtiene concentrado de cobre-plata, con leyes promedio en el concentrado de 20.23% en, recuperación de 83.14% y 62.00 de Ag/Tc, con recuperación de 65.69%. Dicho concentrado presenta impurezas de: Arsenico, Antimonio, Bismuto. Zinc y Mercurio, que representa una penalidad aproximada de US\$ 28.73, mientras los costos totales incluyendo gastos Lima son de US\$ 59.84, lo que se genera una pérdida de US\$ 31.11 la cual es exageradamente alto, una de las razones es que entre gastos financieros y diversos generan un costo de US\$ 12.80 /TM.

También los costos de operación Mina tenemos.

	\$ / TM
Geología	0.27
Perforado Jacklegs	0.40
Perforación-Voladura	7.29
Limpieza frentes	0.13
Carguío Acarreo	0.33
Extracción	0.13
Transporte Mina-planta	0.26
Personal Mina	5.02
Serv. auxiliar mina	<u>0.58</u>
	14.14

---

\$ 14.41

El objetivo principal de este trabajo es reducir el costo en perforación y voladura.



## CAPITULO II

### 2.- ASPECTOS GENERALES

#### 2.1.- UBICACIÓN Y ACCESOS

La mina Sayapullo esta ubicada en el flanco norte del Cerro San Lorenzo, en la margen izquierda del río Sayapullo, del Distrito de Sayapullo Provincia de Gran Chimú y Departamento de la Libertad, en el flanco Oeste de la cordillera Occidental de los andes Septentrionales del Perú entre cotas que varían desde los 2,350 a 3,300 m.s.n.m.

Las coordenadas geográficas de la misma son las siguientes:

Latitud Sur	7° 35' 40"
longitud	78° 27' 49"

El acceso a la mina, partiendo de la ciudad de Lima, es mediante la carretera panamericana Norte hasta la ciudad de Trujillo, luego se continuara por la panamericana norte hasta la localidad de Chicama, en donde se toma un desvío hacia el este y se sigue una vía asfaltada con destino a Cascas, esta vía asfaltada llega solamente hasta la localidad de Sausal y continúa una carretera afirmada hasta la localidad llamada El Cruce ( a Cascas), en este lugar se sigue la trocha afirmada que va río arriba por la margen derecha del río chicama hasta llegar a la mina, haciendo un tiempo de viaje en camioneta desde Trujillo de unas 5 horas. El cuadro de distancia es el siguiente:

Lima -Trujillo	570Km.	Carretera asfaltada
Trujillo-Chicama	33Km.	Carretera Asfaltada
Chicama-Sausal	22Km.	Carretera Asfaltada
Sausal-El Crucé	35Km.	Carretera Afirmada
El Cruce-Mina	50Km.	Trocha afirmada
Total	710Km.	13 Horas de viaje en camioneta.

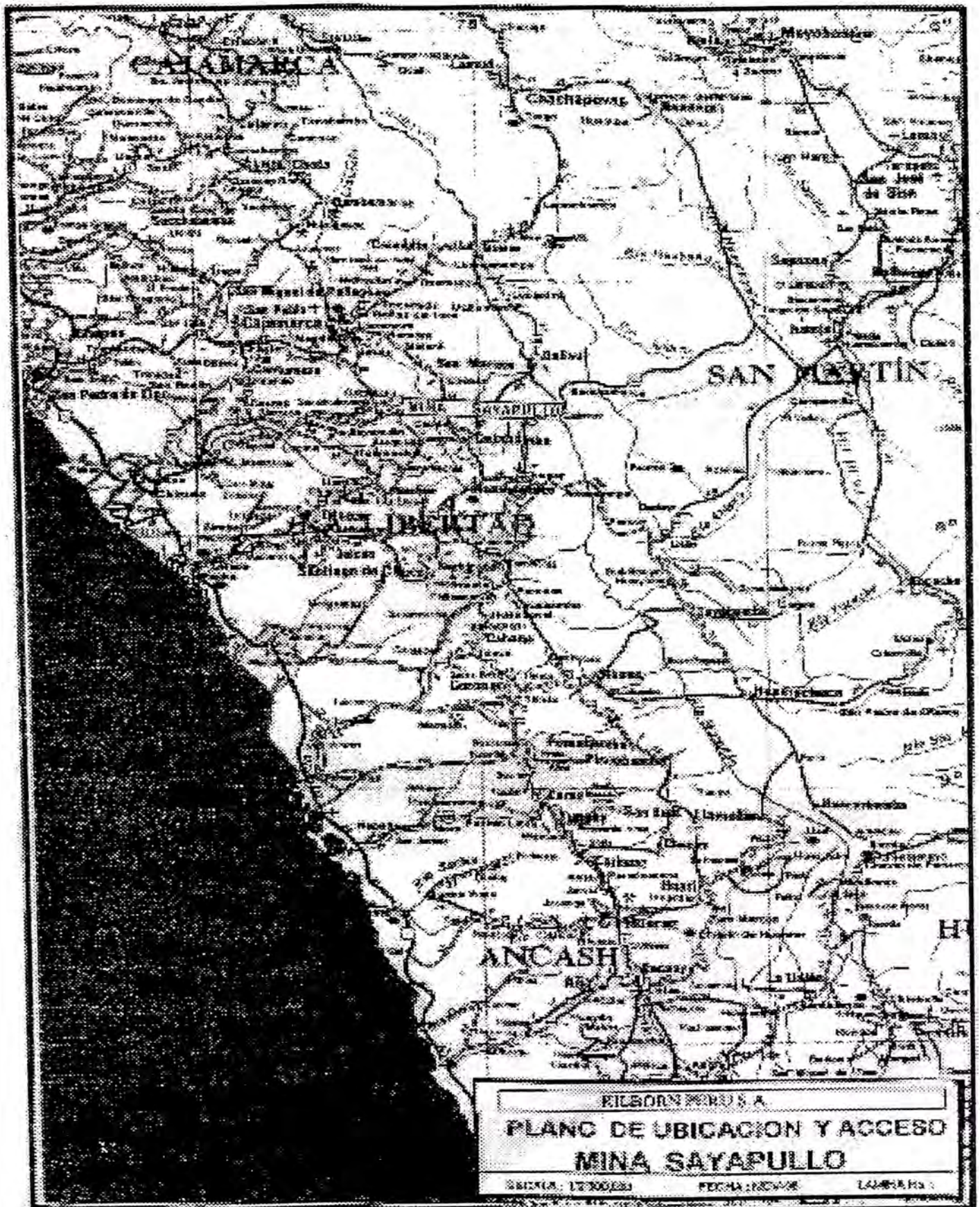


U . N . D . A . C .

PLANO DE USUACION

ESCALA : 1 : 1 000, 000

FECHA : MAYO 1997



### 2.3.- HISTORIA

Muy probablemente las vetas del distrito minero de Sayapullo fueron trabajadas por primera vez durante el tiempo Pre Colombinos, sobre todo la parte altas oxidadas por cobre, oro y plata.

Posteriormente, de acuerdo al informe de fuentes desconocidas, las minas del distrito fueron trabajadas por los españoles entre 1,690 y 1,780. Málaga Santolalla (1906 p. 17-19) informa que en las minas de este distrito estuvieron en operaciones antes de 1771, pero no hay información acerca de la fecha del descubrimiento, y sugiere que las minas fueron operadas intermitentemente hasta principios del siglo XX.

Velarde (1908 p. 17-21) informa que a principios del presente siglo, las minas del distrito fueron explotadas por dos compañías pequeñas. Los minerales de alta ley fueron exportados a Europa y los de baja ley fueron tratados en una planta de amalgamación en Vista Bella, de la cual se estrajo solo plata. La producción original fue de óxidos que contenían alta ley de oro, plata y cobre, solo a fines del siglo, pasado a comienzos del presente, la extracción de sulfuros llegó a ser importante. Estos sulfuros al comienzo fueron trabajados solo por cobre-plata, y recién a mediados del presente siglo se comenzaron a producir concentrados de plomo-zinc.

El año 1940 el consorcio Japonés MENCA, trabajo algunas vetas desde 1940 hasta 1945.

Durante 1951 solo dos compañías operaban en el distrito minero de sayapullo, el Sindicato minero explotador de sayapullo Cia. Ltda. Quien trabajo en las vetas Florida y Restauradora, cuyos minerales fueron trabajados en un moderno molino ubicado en vista bella con una capacidad de 180TM/DIA, pero la mina producía 125TM/día, y la compañía minera AMULAYA quien trabajo la veta amulaya, con un promedio de 15 TM/día de mineral de plata.

El Sindicato Minero Explotador de Sayapullo Cia.Ltda. tomo las operaciones de la mina hasta el año 1967.

La compañía minera Sayapullo S.A. prosiguió con las operaciones desde el año 1967 quien en forma progresiva fue incrementando su capacidad de producción hasta el tonelaje actual de 600TM/día.

Recientemente (1995) la empresa North Compañía Minera y Phelps Dodge del Perú S.A., interesada en realizar estudios en al zona, han efectuado reconocimientos geológicos y han tomado varias muestras en el área de la mina y alrededores, especialmente en el intrusivo Cerro Blanco. Con fecha Noviembre de 1996, PL GEOEXPLORIN E.I.R.L., realiza una evaluación geológica de la mina sayapullo y alrededores.

#### **2.4.- CLIMA Y VEGETACIÓN**

El clima en la mina Sayapullo es templado a cálido y seco, las precipitaciones pluviales son abundantes en los meses de Enero a Marzo, no obstante se presenta algunas rociadas en fechas anticipadas

La historia registra épocas de grandes precipitaciones, llegando a interrumpir las vías de acceso, como también las grandes sequías , en donde la escasez de agua no solo pone en riesgo las operaciones de la industria minera , sino también los cultivos y crianza de animales,. Los cerros por lo general están cubiertos de vegetación de tipo arbustos y algunos arboles , solo están pelados los cerros que tienen pendiente abruptas y los que alcanzan grandes altitudes. En las partes bajas de la mina se cultivan arboles frutales como plátano, manzana, palto, lima, granadilla, etc. También maíz. Frijol, arveja, papa y alfalfa. Existe abundante cría de aves de corral, pero poca a regular crianza del ganado caprino, ovino y vacuno.

## **2.5.- FISIOGRAFIA**

El relieve que presenta la mina y al alrededores es muy accidentado existe un desnivel entre el río Sayapullo y la cumbre del cerro San Lorenzo de 1450 m. en apenas una distancia horizontal de 2.200m. lo que significa una pendiente promedio de 78%, y pendiente locales mucho mas pronunciadas con algunos de elevación de mayor de 70° lo que significa pendientes del 157% como el que existe desde la parte baja de la quebrada Esperanza hasta el nivel Desamparados. Esta accidentada topografía no permite efectuar un seguimiento continuado de los afloramiento de las vetas, resultando estos cerros, parcialmente inaccesibles. Similares características presenta el Cerro Blanco en donde solo es posible caminar por tramos. La área poco empinadas están por lo general cubiertas por una regular capa de suelo con una densa vegetación de arbustos lo cual es también un obstáculo para el reconocimiento geológico.

El río sayapullo es el principal valle y colector se las aguas en esta áreas y corre de este a oeste, presentan un estado juvenil, controlado por una gran falla regional, emplazado en rocas sedimentarias.

## **2.6.- RECURSOS**

El recurso hídrico en la época de estiaje es escaso, inclusive para el consumo humano. La mina tiene en la actualidad dos hidroeléctricas , las cuales producen energía eléctrica en mínima cantidad o paralizan en época de extrema escasez de agua. El requerimiento de agua de la empresa es para la mina (se eleva por bombeo hasta la parte alta) para la planta concentradora, hidroeléctricas y consumo humano.

Los recursos alimenticios para la mina son auto abastecidos en parte por los productos de la región, especialmente de carne de aves, frutas, verduras, algunos cereales y menestras, a precios relativamente cómodos, el resto son traídos desde Trujillo.

El recurso maderero existe en regular calidad, especialmente el eucalipto, no obstante resulta mas practico y rentable traerlo desde Trujillo.

La mano de obra en la zona es abundante y barata, pero poco calificada.

La eficiencia de cada trabajador en general es baja.

## **2.7.- PROPIEDADES MINERAS.**

La compañía Minera Sayapullo tiene mas de 6,000Has. De propiedad minera en el área de yacimiento con las cuales tiene controlada prácticamente todas las estructuras mineralizadas del distrito minero. Además de otro petitorios en áreas aledañas.

**2.8 CUADRO HISTORICO DE PRODUCCION  
DESARROLLO Y PREPARACION (mts)**

	1995		1996		1997	
	MES		MES		MES	
<b>Enero</b>	198.30	198.30	322.90	322.90	499.20	499.20
<b>Febrero</b>	230.85	429.15	447.95	770.85	545.75	1044.95
<b>Marzo</b>	371.10	800.25	466.45	1237.30	458.83	1503.78
<b>Abril</b>	238.25	1038.50	432.40	1669.70	523.35	2027.13
<b>Mayo</b>	226.10	1264.60	498.00	2168.08	445.60	2472.73
<b>Junio</b>	274.95	1539.55	480.00	2648.08	532.50	3005.23
<b>Julio</b>	307.90	1847.45	537.37	3185.45	582.50	3587.73
<b>Agosto</b>	327.90	2175.35	410.70	3596.15	637.00	4224.73
<b>Setiembre</b>	299.60	2474.95	604.70	4200.85	525.30	4750.03
<b>Octubre</b>	275.20	2750.15	712.25	4913.10	496.45	5246.48
<b>Noviembre</b>	300.50	3050.65	586.60	5499.70	699.45	5945.93
<b>Diciembre</b>	306.30	3356.95	605.00	6104.70	537.80	6483.73

**MINERAL ROTO EN TAJOS**

	1995		1996		1997	
	MES		MES		MES	
<b>Enero</b>	2974	2974	4085	4085	8971	8971
<b>Febrero</b>	3720	6694	7825	11910	8230	17201
<b>Marzo</b>	4305	10999	9739	21649	9412	26613
<b>Abril</b>	4387	15386	8129	29778	8555	35168
<b>Mayo</b>	5335	20721	12284	42062	9161	44329
<b>Junio</b>	6032	26753	9140	51202	9150	53479
<b>Julio</b>	5011	31764	12459	63661	9059	62538
<b>Agosto</b>	4602	36366	10039	73700	7727	70265
<b>Setiembre</b>	6462	42828	10098	83798	8205	78470
<b>Octubre</b>	5415	48243	8360	93158	10488	88958
<b>Noviembre</b>	6261	54504	8276	101434	8244	97202
<b>Diciembre</b>	6430	60934	8362	109796	11530	108732



## MINERAL ENVIADO A PLANTA

	1995		1996		1997	
	MES		MES		MES	
<b>Enero</b>	5340	5340	8500	8500	13450	13450
<b>Febrero</b>	5785	11105	10170	18670	12920	26370
<b>Marzo</b>	8135	19240	11505	30175	14400	40770
<b>Abril</b>	7425	26665	12250	42425	13450	54220
<b>Mayo</b>	8000	34665	13600	56025	14070	68290
<b>Junio</b>	8350	43015	13800	69825	13740	82030
<b>Julio</b>	8650	51665	12750	82575	13440	95470
<b>Agosto</b>	7410	59075	12600	95175	13700	109170
<b>Setiembre</b>	7640	66715	14120	109295	14101	123271
<b>Octubre</b>	7130	73845	15200	124495	13660	136931
<b>Noviembre</b>	10270	84115	14700	139195	11820	148751
<b>Diciembre</b>	10300	94415	15020	154215	11000	159751

## **2.9.- PLANTA CONCENTRADORA**

La planta concentradora “José Balta “ de la compañía minera Sayapullo S.A , trata minerales de plata y cobre principalmente plomo y Zinc en menor cantidad.

### **2.9.1.- CHANCADO.-**

De plata consta de un circuito cerrado de chancado compuesto de dos chancadoras, una primaria, chancadora de quijadas de 15” x24” y una secundaria, con zaranda vibratoria de 4’ x 10’ y un triturador cónico Symons de 3’, para alcanzar un chancado eficiente. El mineral chancado pasa a la tolva de finos de 250TM de capacidad, este alimenta a un circuito de:

### **2.9.2.-MOLIENDA**

Compuesto de dos molinos de bolas de 6’ x6’ COMESA y ALLIS CHALMERS y un ciclón D-15 y una línea de remolienda con un molino HARDINGE de 6’ x 24”, en el rebose de cada molino viene adherido un separador de gruesos (ripio) de la pulpa llamada Tromen.

### **2.9.3.-FLOTACIÓN**

La flotación comprenden tres circuitos, celda serrano 1, cuyo concentrado va directo al filtro, su relave pasa a la celda serrano 2, cuya limpieza de concentrado pasa también al filtro, luego su relave pasa a la celda serrano 3, su concentrado pasa al filtro y su relave al ultimo circuito de las celdas 18 SP 32 x32 Denven para su limpieza final

#### 2.9.4.-FILTRADO

El filtrado se hace en un filtro de 5 discos y 5 pies diámetro para el concentrado de cobre, la humedad final de concentrado esta en un promedio de 9.5%, el concentrado se despacha en camiones de 20 TM a la ciudad de Trujillo.

#### 2.9.5.-RELAVE

El relave se deposita en una cancha de relave de Higospampa a unos 5 Km. Abajo de la planta concentradora. Desde 1996 la planta de chancado esta en capacidad de tratar el volumen de mineral que se pretende beneficiar esto es hasta 18,000 TM/mes, para ello solamente será necesario modificar las fajas transportadoras del circuito cerrado y poner un cedozo vibratorio de mayor área ,

#### 2.9.6.- PRODUCCION DE CONCENTRADOS 1996 CONCENTRADO DE COBRE

	1996		PROMEDIO
	MES	ACUMUL	
ENERO	600.647	600.647	600.647
FEBRERO	595.009	1195.656	597.828
MARZO	697.502	1893.158	631.053
ABRIL	903.500	2796.658	699.165
MAYO	1200.282	3996.940	799.388
JUNIO	1123.984	5120.924	853.487
JULIO	1065.407	6186.331	883.762
AGOSTO	1150.698	7337.029	917.129
SEPTIEMBRE	961.324	8298.353	922.039
OCTUBRE	1146.360	9444.713	944.471
NOVIEMBRE	1052.035	10496.748	954.250
DICIEMBRE	967.974	11464.722	955.394

**2.9.7.- LEYES CONCENTRADORAS PROMEDIO AÑO 1996**

	OZ A6/Tc	%Cu	%Pb	%Zn
COBRE AL AÑO	35.31	18.78	2.29	5.73

**PRODUCCION FINOS AÑO 1996**

	OZ Ag	TMF Cu	TMF Pb	TMF Zn
AÑO 1996	446.17	2153.575	262.221	656.582

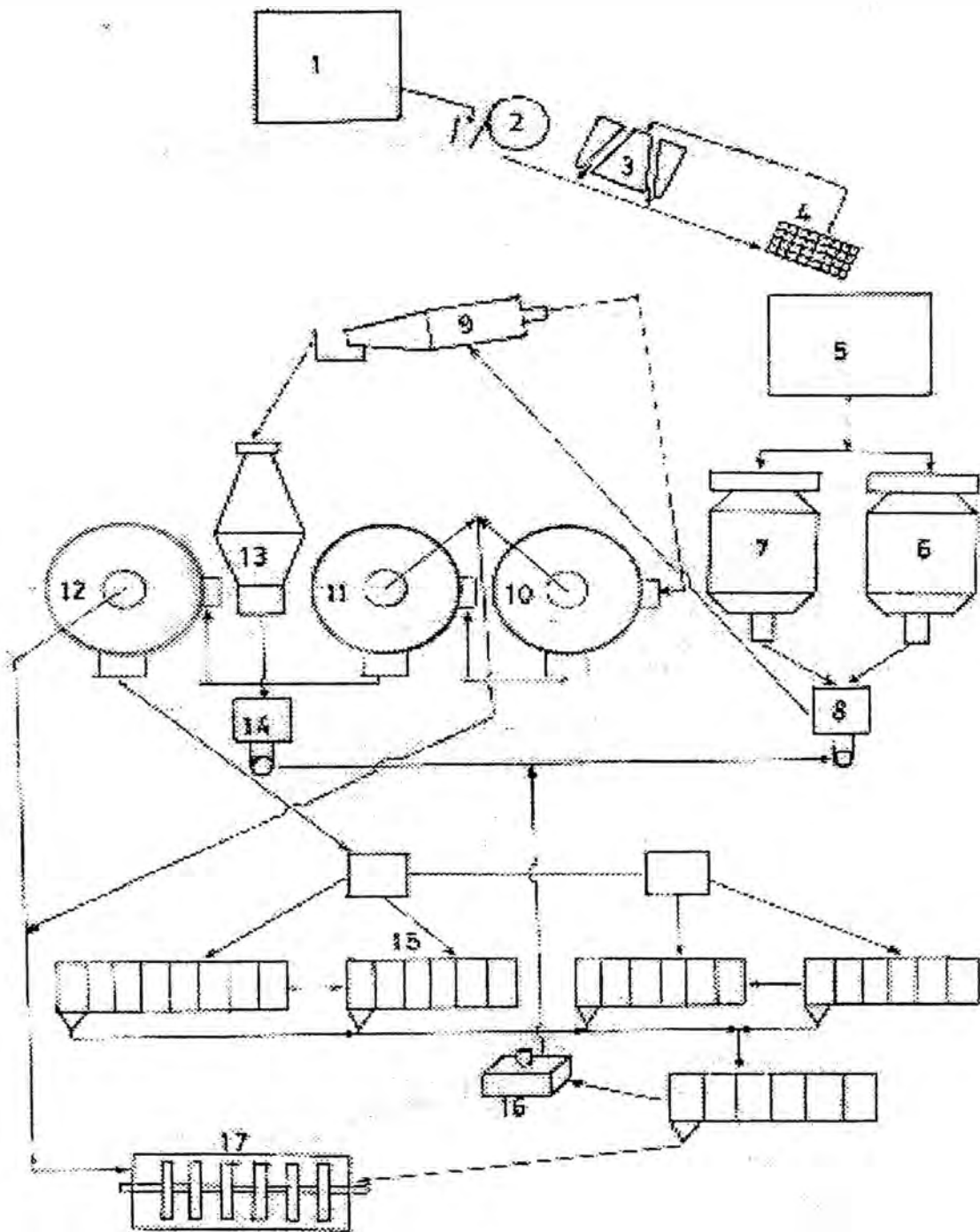
**RECUPERACIONES PROMEDIO ANUAL**

	%Ag	%cu	%Pb	%Zn
AÑO 1996	61.62	82.42	63.65	58.03

## DIAGRAMA DE FLUJO

### PLANTA CONCENTRADORA "JOSE BALTA"

- 1.-Tolva de Grueso de 200TM.
- 2.-Chancadora de Quijadas 15" x 24"
- 3.-Chancadora SYMONS 3'
- 4.-Zaranda Vibratoria 4' x 10'
- 5.-Tolva de finos de 250 TM
- 6.-Molino Conesa de 6' x 6'
- 7.-Molino ALLIS CHALMERS DE 6' X 6'
- 8.-Bomba Comesa 5" x 4"
- 9.-Ciclón D-15
- 10.-Celda Serrano 1
- 11.-Celda Serrano 2
- 12.-Celda Serrano 3
- 13.-Molino HARDINGE de 6' x24"
- 14.-Bomba de Retorno
- 15.-Circuito de celdas Denver 32 x 32 18SP
- 16.-Bomba de Retorno
- 17.-Filtro de 5 discos con diametro de 5 pies



PLANTA JOSE BALTA CIA MINERA SAYAPULLO	
DIB. B.U.R.	FECHA 04-04-98

### **3.0.- GEOLOGIA**

#### **3.1.- GEOLOGIA REGIONAL**

##### **3.1.1.- ESTRATIGRAFÍA**

La secuencia estratigráfica de la región tiene como rocas más antiguas al grupo Goyllarisquizga representado por las formaciones : Chimú, Santa, Carhuas y Farrat; sobre esta última se depositó una secuencia predominantemente calcárea que corresponde a la formación; Inca, Chulec y Pariatambo que corresponde al techo de la secuencia estratigráfica.

##### **3.1.2.- ROCAS VOLCANICAS**

Esta representado por los volcánicos Calipuy, que es una serie volcanoclástica compuesta de derrames andesíticos y dacíticos y tobas blanquecinas que alterna con delgados lechos de areniscas y lutitas tobáceas verdosas o moradas . Estas rocas afloran al Sur - Este de Sayapullo entre el cerro alto la Chira y Cerro Minas El Zapallo.

##### **3.1.3.- ROCAS INTRUSIVAS**

Representadas por el pórfido dacítico, que es parte de la actividad magmática regional, cuyos afloramientos son: El intrusivo El Carmen que aflora en el área de la Mina Sayapullo, el intrusivo Cerro Blanco, que aflora a 3.5Km. al SE de la mina , el Intrusivo Amulaya, pegado a la mina Trinidad y el más alejado del Intrusivo Machacala, que aflora en la mina del mismo nombre; presenta una marcada alteración cuarzo - sericita moderada a avanzada con vetilleo de sílice tipo Stockwork y diseminación de pirita. La mineralización del distrito probablemente está asociado a estos intrusivos

### **3.2.- GEOLOGIA LOCAL**

Localmente afloran rocas sedimentarias e intrusivas. Las rocas sedimentarias están compuestas por; cuarcitas, areniscas, calcáreas, limolitas, lutitas, calizas arcillosas y calizas arenosas. Los intrusivos son pórfido dacíticos, en forma de stock; que por su importancia los describiremos mas detalladamente.

#### **3.2.1.- STOCK CERRO EL CARMEN**

Aflora en el cerro el mismo nombre cuya dimensión son: 2.5Km. de largo X 0.5Km. de ancho con dirección NE-SW. Este intrusivo contiene fenos de cuarzo corroídos en una matriz blanquecina con fuertes alteraciones argílicas y cuarzo-sericita especialmente cerca de la zona de contacto, donde presenta un intenso vetilleo de cuarzo a manera de Stockwork con manchas de calcosina, presencia de molibdenita, en algunas fracturas dentro del intrusivo como también en las areniscas cercanas al contacto. Las areniscas y cuarcitas intruidas por este stock presenta intensa piritización en vetillas y deseminada, observándose claramente en el corte desamparados.

#### **3.2.2.- STOCK CERRO BLANCO**

Aflora en la parte central y alta del cerro del mismo nombre en una extensión de 1.4Km. X 0.7Km. de ancho con dirección N-E. Es del tipo pórfido dicítico , donde se observa fenocristales corroídos del cuarzo de 3mm, en una matriz blanquecina por alteración cuarzo-sericita, con micas blanqueadas, moderadamente silicificada que le da consistencia a la roca . Presenta regular diseminación de piritita cúbica.



### 3.3.- GEOLOGIA ESTRUCTURAL

#### 3.3.1. PLEGAMIENTOS.

El rumbo general de los estratos es aproximadamente S60°E y paralelos este rumbo existen varios ejes y pliegues anticlinales y sinclinales formados a consecuencia de esfuerzos de compresión que se produjeron en la región

Algunos de estos pliegues son muy apretados y recumbentes. En afloramientos de calizas se observan varios pequeños pliegues y repliegues que forman parte de otros pliegues mayores. El pliegue que aflora en el área de la mina es el sinclinal Sayapullo cuyo eje esta pasando justamente por la parte alta del pueblo, con rumbo Nor-Oeste a Sur-Este, desde más mas abajo del Cerro Ponogón y se extiende hasta el cerro Amulaya. El eje está ocupado por calizas Pariatambo.

#### 3.3.2.-FALLAMIENTO

- **FALLAMIENTO PRE-MINERAL.** La zona presenta una tectónica bastante complicada, en donde se puede observar varios sistemas de fallamiento de magnitud regional. Los que se han reconocido son:

Un primer sistema de rumbo E-W, que se presenta un largo alineamiento que empieza en un extremo NW de la hoja, donde se ubican las minas y/o proyectos: Sayapullo, Trinidad, Igor, Laderón Algamarca y San José de Shahuindo (aurífero) que forma un distrito minero importante en la región ; otro es el sistema de rumbo N50°W, donde se ubica el proyecto Arena y Florida (auríferos) y un tercer sistema de rumbo N50°E, en cuyo lineamiento se han emplazado los intrusivos del Cerro El Carmen, Cerro Blanco, y Amulaya que presentan una marcada alineación S W-N E. Estos alineamientos estructurales, han

originado el fracturamiento pre-mineral de la probable origen tensional que presenta dos sistemas definidos de rumbo entre N70°W hasta E-W, que fueron rellenados por las soluciones mineralizantes y han dado origen a las vetas en actual explotación.

Otras fallas importantes regionales visibles en el terreno de la llamada Sayapullo que coincide con el río del mismo nombre con rumbo S60°E y buzamiento 80° al SW.

- **FALLAMIENTOS POST-MINERAL.-** No es muy importante en la zona, se manifiesta en algunas “cajas” de vetas reactivadas, con desplazamiento del orden de los centímetros esto produce dilución en la explotación en el orden de 15 a 20 %. Existe también un fallamiento diagonal transversal a las vetas, las cuales han desplazado muy poco a las vetas.

### **3.3.3.-FRACTURAMIENTO**

Existe un fracturamiento o junturamiento que ha afectado la mayoría de las rocas, cuyos rumbos coinciden con los tres principales lineamientos regionales. Estos fracturamientos menores en algunos lugares están muy acentuados y concentrados, con fracturas que se entrecruzan entre sí formando verdaderas marañas. Cuando estos han sido rellenados por mineralización se han formado las áreas de stockwork. Se han observado 3 tipos de sistemas principales de fracturas que son E-W, N60°E, y N60°W.

### **3.4.- GEOLOGIA ECONOMICA**

#### **TIPOS DE YACIMIENTO**

En el distrito minero de Sayapullo se han observado cuatro tipos de estructuras mineralizadas: Vetas, Stockwork, Brecha y Diseminados.

##### **3.4.1.- VETAS**

Las vetas son de tipo epigenético primario, de origen hidrotermal, de alcance mesotermal, y polimetálico. La mineralización de sulfuros consiste principalmente de pirita, tetraedrita, enargita, esfalerita, galena, molibdenita y algunas sulfosales de plomo no determinadas. La mineralización no metálica consiste de cuarzo, calcita y rodocrosita. Las longitudes de afloramientos son variables y van desde 1.2Km. a 300m cuyas trazas se presentan sinuosas y discontinuas separadas por coberturas de suelo, con potencia promedio de 0.70m. Existen dos sistemas de vetas paralelas entre si y son también paralelas o casi paralelas en la estratificación de las rocas con rumbo promedio N70°W: uno que buza al sur 55° a 70° cuyas principales vetas son

Florida2, Florida antigua, y Todos los Santos y otro con buzamiento al Norte, que van desde los 75° a 90° cuyas principales vetas son , San David, Sur, María, Santa Rosa y Desamparados. Las longitudes de los tramos mineralizados desarrollados en interior mina son continuos y extensos como por ejemplo Florida 2 que presenta una longitud mineralizada de 1000m con un encampame explotado de 500m (desde el niv. 9 hasta San Fermín), es la veta mas trabajada, las vetas María y San David tienen longitudes mineralizadas de 500m. Estas vetas están actualmente en pleno desarrollo y explotación a partir del nivel 8(Desamparados), alcanzaron diferentes profundidades, hasta los niveles San Jorge, San Lorenzo, San Carlos o San Fermín, según los casos, y han sido interceptadas en el corte Esperanza a excepción de Florida 2, que será interceptada cuando se reinicie la

cortada en el futuro , con lo cual el encampane alcanzara los 700m.

Con los trabajos desarrollados en el nivel 8 se están interceptando nuevas vetas que no están previstas, como fue primeramente en el caso de VETA MARIA (ahora en producción) que se piensa que es un ramal de la veta sur, en esta nueva veta se han desarrollado 500m. sobre buen mineral y actualmente se esta continuando su desarrollo hacia los niveles superiores. Posteriormente se intercepto la **VETA SANTA ROSA**, cuando se ejecutaba una cortada entre veta sur y Florida 2 con fines de facilitar la extracción de mineral, esta nueva veta presenta buena mineralización polimetálica de Ag, Cu, Pb, y Zn. y se ha desarrollado sobre veta 105m. se estima que esta veta debe tener dimensiones similares a Veta María ya que pertenece al mismo sistema (Buzamiento al Norte). Recientemente se ha interceptado la **VETA TODOS LOS SANTOS** , en el tope del corte Desamparados de roca intrusiva, con muy buena mineralización principalmente de Cu.-Ag, fuertemente oxidada.

Continuando la exploración con el corte Desamparados hacia el Sur, se interceptara la veta incógnita, y es probable que en este trayecto se pueda intersectar otras dos estructuras menores que han sido reconocidas en el nivel inferior San Carlos. Mas al sur de la veta incógnita, es probable que pueda existir otras vetas que no presenten afloramiento o que no han sido suficientemente reconocidas por la dificultad del terreno, ya que hasta el momento la ocurrencia de las vetas se vienen dando con cierta equidistancia paralela y existe la posibilidad de intersectar una nueva veta "Sin Nombre: a  $\pm$  500m. del tope actual, ya que a sido reconocido un afloramiento en la trinchera No 1 ubicada en extremo Sur y Oeste del Stockwork San Lorenzo, esta veta presenta características similares a la veta florida 2. Será decisión de la empresa continuar o no la cortada después de cortar la veta

incógnita, pero estos hallazgos han generado buenas expectativas para continuar la exploración en busca de nuevo potencial.

La vetas, hasta al momento, son las principales y mas importantes estructuras mineralizadas del distrito minero, ellas son :

**VETA FLORIDA 2.** Es la principal estructura mineralizada de la mina, presenta las siguientes características.

■ Longitud desarrollada y explotada	1000m.
■ Profundidad explorada	500m.
■ Nivel mas alto	Nivel 8
■ Nivel mas bajo	Nivel San Fermín
■ Area Explotada	70%
■ Potencia	Av. 0.80m.

**VETA SAN DAVID.** Es otra de las estructuras mineralizadas de la mina, presenta las siguientes características

■ Longitud desarrollada y explorada	700m.
■ Profundidad explorada	350m.
■ nivel mas alto	Nivel 9
■ Nivel mas bajo	Nivel San Carlos
■ área Explotada	50%
■ Potencia	Av. 0.60m.

**VETA SUR.**-Es otras de la importantes estructuras mineralizadas de la mina presenta las siguientes características

■ Longitud desarrollada y explorada	600m.
■ Profundidad explorada	400m.
■ nivel mas alto	Nivel 10
■ Nivel mas bajo	Nivel San Carlos
■ área Explotada	80%
■ Potencia	Av. 0.60m.

**VETA MARIA.**- Es una nueva veta que probablemente sea un ramal de veta Sur y probablemente se junte en profundidad a la altura del nivel San Carlos, presenta las siguientes características

■ Longitud desarrollada y explorada	500m.
■ Profundidad explorada	100m.
■ nivel mas alto	Nivel 9
■ Nivel mas bajo	Nivel 8
■ Area Explotada	20%
■ Potencia	Av. 0.80m.

**VETA DESAMPARADOS.-** es una veta no muy desarrollada reconocida solamente en la parte alta (Nivel. Desamparados) presenta las siguientes características.

- Longitud desarrollada y explorada 170m.
- Profundidad explorada 90m.
- nivel mas alto Nivel 9
- Nivel mas bajo Nivel 8
- área Explotada 60% (del tramo desarrollo)
- Potencia Av. 0.60m.

**VETA SANTA ROSA.-** Es una nueva veta que recién se ha interceptado en el Nivel 8, entre la veta sur u Florida 2, tal vez sea una rama de la veta Florida 2, presenta buena características y pensamos que mayormente se debe desarrollar hacia el Oeste:

- Longitud desarrollada y explorada 500m.
- Profundidad explorada 30m.
- nivel mas alto Nivel 13
- Nivel mas bajo Nivel 8
- área Explotada 0%
- Potencia Av. 0.50m.

**VETA TODOS LOS SANTOS.-** Es una nueva veta que recién se ha interceptado en el nivel 8, en el tope de la cortada Desamparados a  $\pm 55\text{m.}$  al sur de la Veta Maria, Presenta buenas características y pensamos que se debe desarrollar hacia el Oeste y Este en una longitud mínima de 500m.

■ Longitud desarrollada y explorada	500m.
■ Profundidad explorada	300m.
■ nivel mas alto	Nivel 13
■ Nivel mas bajo	Nivel 8
■ área Explotada	0%

Potencia Av. 0.80m.

### **3.4.2.-Las Vetas-Cuerpo (Metasomáticos de contacto)**

Estos afloramientos se presenta al Este de Sayapullo, siguiendo el alineamiento W-E que coincide con el contacto Caliza-Arenisca. Este contacto esta fallado y en algunos tramos hay presencia de diques delgados (hasta 8m. de potencia) los cuales han alterado la caliza produciendo recristalización y pequeñas zonas de skarn. Las soluciones mineralizantes han rellenado las fracturas y también hubo reemplazamiento metasomático dentro de las zonas de skarn ensanchando de esta manera su potencial como en el caso de la veta - cuerpo Misteriosa que tiene una potencia promedio de 4.50m. asociada a un dique pórfido dióritico metido en el contacto caliza arenisca. Afloramientos cortos con características similares presentan las Vetas San Francisco 1 y 2, Ollanta, El Gordo, Camotera, El Cobre y el Martillo. Estas mismas características se han observado al Oeste, ya que anteriormente se ubicó otro cuerpo de



Skarn mineralizado al Oeste a la mitad del camino de la vía férrea que va a la bocamina del nivel San Fermín y por allí también se ubican los cuerpos piritosos de la quebrada.

### **3.4.3.-Stockwork**

El yacimiento tipo Stockwork es la concentración de un sin número de vetillas con relleno mineralizado que se entrecruzan entre si, en una determinada área, de manera que pueda resultar económica la explotación de todas estas áreas. Se han ubicado dos principales cuerpos

#### **- Stockwork San Lorenzo.-**

Esta estructura se ubica en el flanco N-E del C° San Lorenzo, al Este del intrusivo El Carmen, guardando un alineamiento W-E, con dimensiones de 1,100m X 250m. de ancho con orientación N50°W, las vetillas están emplazadas en arenisca feldespáticas argilizadas, cuarcitas y pequeños afloramientos de stocks intrusivos. Las vetillas consisten de sílice blanca a gris, goethita, jarosita, hematita y cuarzo hialino, con cavidades de lixiviación. El grosor de las vetillas varia desde 1mm. hasta 10cm. Debido a la presencia de abundantes óxidos toma una coloración pardusca oscura. Existe la posibilidad de encontrar mineralización económica dentro del vetilleo. Los óxidos de las vetillas pueden haber derivado de un ensamble original de sulfuros compuestos de pirita-enargita-tetraedrita con ganga de cuarzo, con algo de oro probablemente enlazados con la pirita, el Mo. deriva de la molibdenita que guarda relación con los contenidos anómalos de Ag, Cu, As, Mo.

El corte Desamparados pasa en forma tangencial por el extremo Oeste del stockworck san Lorenzo, a una

profundidad de 550m., por debajo del afloramiento. En el tramo comprendido entre la Veta San David y veta María se han observado un vetilleo de cuarzo con diseminación de pirita cerca de la zona de contacto intrusivo-cuarcitas, que se prolonga hasta el tope de la cortada Desamparados; este vetilleo no es tan intenso como el observado en superficie.

- **Stockworck Cerro Blanco.-**

Localizado al NW del Cerro Blanco en la coord. S-700 y E 3800, con una extensión de 500m. de longitud x 80m. de ancho, con dirección SW, siguiendo paralelamente el contacto de un dique pórfido dacítico. Está emplazado en areniscas feldespática, argilizadas y silicificadas. El relleno de la vetillas es de hematita, goethita, silice y cuarzo. Tiene las mismas características del stockworck San Lorenzo.

#### **3.4.4.-BRECHAS**

- **BRECHA CERRO BLANCO.-**

Aflora en el flanco oeste del Cerro Blanco en el contacto intrusivo-cuarcitas con una extensión de 1,000m. x 100m., siguiendo un alineamiento NW-SE. La matriz es de naturaleza ignea-silicea y los fragmentos están compuestos por cuarcitas, lodolitas e intrusivo sericitizado, argilizado y limonitizado, en algunos lugares se observa regular presencia de pirita diseminada.

La brecha presenta fracturamiento posterior la cual esta rellena de goethita, hematita, silice y presencia de

cuarzo cristalizado. La concentración del fracturamiento no es muy acentuada .

#### - **BRECHA SAN FRANCISCO.-**

Aflora al este de la vetas en actual explotación en el nivel Desamparados , en las cercanías de la zona denominada Centro círculo, las dimensiones del afloramiento son 150m. de largo x 100m. de ancho, el resto se encuentra cubierto por material reciente. La brecha consiste de fragmentos de cuarcita, arenisca sementada por material ígneo, presenta abundante vetillas de cuarzo y oxidación. Esta brecha es importante por que se ubica en la prolongación E. de las vetas, lo que resulta fácil su explotación.

#### **3.4.5.- DISEMINADOS**

Los intrusivos del Cerro el Carmen y Cerro Blanco presenta una persistente diseminación de pirita dentro de una matriz de cuarzo-sericita que es producto de alteración hidrotermal. Es posible que pueda presentar mineralización tipo diseminado Au, Ag, Cu., especialmente en el intrusivo Cerro Blanco que presenta una típica alteración cuarzo-sericita, y en menor posibilidad en el intrusivo El Carmen que esta mayormente argilizado.

#### **3.4.6.-Mineralización y Paragénesis.**

##### - **Mineralización.-**

La mineralización de tipo primario es de origen hidrotermal, de alcance mesotermal. Los sulfuros

consisten principalmente de pirita, tetraedrita, enargita, esfalerita, galena, molibdemita y algunos sulfatos de plomo no determinados. La mineralización no metálica consiste de cuarzo, calcita y nodocrasita.

La mineralización secundaria se forma a partir de la oxidación de los sulfuros primarios, dicha capa se extiende desde los afloramientos hacia abajo  $\pm$  200m., (profundidad), donde se observa presencia de Jarosita, goethita hematita, sulfatos de Cu. y Zn.. debajo de esta capa se presenta sulfuros enriquecidos donde se incrementa la calcosina.

#### - **Paragénesis**

Observando el relleno mineralizado de las vetas hemos podido determinar en forma microscópica el siguiente orden paragenético desde el mineral que se deposita primero hasta el último: pirita-cuarzo-esfalerita-tetraedritenargita-galena-calcita-rodocrosita.

Existe pirita y cuarzo de alta y baja temperatura: La pirita de alta temperatura es masiva, en tanto que la de baja temperatura es granular y cristalina, el cuarzo de alta es masivo y gris claro a lechoso, el de baja es gris hialino cristalizado y por lo general se le encuentra en geodas tapizando los otros minerales.

#### **3.4.7.-ALTERACIÓN HIDROTHERMAL**

La actividad hidrotermal partió de los intrusivos . El Carmen y Cerro Blanco en sus fases finales de enfriamiento y discurriendo por las fracturas preexistente alterando de diversas formas a las rocas encajonantes y al propio intrusivo ya

consolidado. En la etapa final de la actividad Hidrotermal se produjo posiblemente el relleno mineralizado de las vetas. En Sayapullo se han observado tres principales tipos de alteraciones hidrotermal que son las siguientes.

- **Alteración cuarzo-sericitica**

Este tipo de alteración se a observado en los intrusivos tanto el Cerro El Carmen como en Cerro Blanco. El cuarzo es de grano fino y la sericita es también de grano fino y de color blanco brillante.

Este tipo de alteracion esta asociado con depocitos epitermales de Cu, Au, Mo, Pb y Zn.

- **Alteración Argílica**

Este tipo de alteración se observa principalmente en el intrusivo El Carmen y en menor cantidad en Cerro Blanco, también en las areniscas feidespáticas

- **Silicificación**

Se ha observado fuerte silicificación en las brechas ligadas al intrusivo Cerro Blanco. así como también en algunos tramos dentro de los Stockwork. En el intrusivo Cerro Blanco la silicificación ha sido moderada, y débil en el intrusivo El Carmen.

### 3.5.- RESERVAS

#### 3.5.1.- ESTIMACIÓN DE RESERVAS

El departamento de geología de la Mina Sayapullo estimo reservas al 31 de diciembre de 1996, considerando criterios y clasificación standares, de acuerdo a su certeza y accesibilidad se considera : Probado accesible, Probado eventualmente accesible, Probable accesible, Probable Eventualmente Accesible; del mismo modo, hemos considerado los mismos precios de metales y Valores unitarios respectivos, después de deducirles: deducción por fundición y refinaria, recuperación de cada metal en el concentrado, maquila y penalidades, los valores son.

1% Cu	=	US\$10.85
1 Oz Ag	=	US\$ 2.28
1% Pb	=	US\$ 3.30
1% Zn	=	US\$ 2.59

#### RESERVAS A CUT OFF de U.S.\$ 27.00

MINERAL	TMS	Oz.Ag/Tc	%Cu	%Pb	%Zn	SEquiv.
Probado	835,511	6.35	1.58	0.75	1.72	38.56
Probable	298,196	5.41	1.60	0.63	1.54	35.77
<b>TOTAL</b>	<b>1,133,707</b>	<b>6.10</b>	<b>1.59</b>	<b>0.72</b>	<b>1.67</b>	<b>37.87</b>

#### 3.5.2.-RESERVAS A CUT OFF \$ 35.00

Nosotros hemos tomado las reservas al 31 de diciembre y utilizando los mismos criterios de cubicación, los mismos precios y en general los mismos parámetros, pero incrementando en Cut. Off. A \$ 35 .00, esto nos permite hacer comparaciones y sobre todo conocer las posibilidades de la Mina . También mostramos un cuadro de reservas minerales, es decir reservas que

pueden extraerse en este momento sin necesidad de realizar inversiones adicionales ambos cuadros se consideran a continuación.

<b>MINERAL</b>	<b>TMS</b>	<b>Oz.Ag/Tc</b>	<b>%Cu</b>	<b>%Pb</b>	<b>%Zn</b>	<b>SEquiv.</b>
PROBADO	453,571	7.93	1.84	0.96	2.13	46.74
PROBABLE	131,705	7.28	1.91	0.86	1.93	45.17
<b>TOTAL</b>	<b>585,276</b>	<b>7.78</b>	<b>1.86</b>	<b>0.94</b>	<b>2.08</b>	<b>46.42</b>

### 3.5.3.-RESERVAS MINABLES

<b>TMS.</b>	<b>Oz.Ag/Tc.</b>	<b>%Cu.</b>	<b>%Pb.</b>	<b>%Zn.</b>	<b>SEquiv.</b>
138,189	7.36	1.87	0.77	1.68	43.97

## TOTAL MINERAL PROBADO

	TMS	Oz.Ag/Tc	%Cu.	%Pb.	%Zn.	\$EQUIV.
A.- VETA FLORIDA	131.048.00	8.14	1.8	0.99	2.47	47.76
B.- VETA MARIA	87.312.00	5.77	2.02	0.52	1.26	40.06
C.- SAN DAVID	72.277.00	6.52	2.62	0.47	1.23	48.03
D.- VETA SUR	67.650.00	10.07	1.35	1.7	3.19	51.50
E.- RAMAL FLORIDA "2"	19.192.00	8.8	1.73	0.35	1.01	42.61
F.- VETA "9"	16.570.00	6.11	1.67	2.21	4.54	51.12
G.- RAMAL "1" SUR	2.710.00	8.98	1.18	2.44	2.57	48.01
H.- SPLINT VETA SUR	4.960.00	7.93	1.14	1.22	2.01	39.69
I.- SPLINT FLORIDA 2	7.300.00	6.24	1.5	1.41	3.61	44.52
J.- VETA CARMEN	6.834.00	5.64	1.09	0.81	2.98	35.03
K.- VETA FLORIDA	3.470.00	21.42	0.85	3.94	6.18	87.11
L.- RAMAL VIOLETA	1.440.00	15.54	1.76	0.54	3.44	65.22
M.- RAMAL "2" SUR	8.490.00	6.54	0.59	1.83	3.50	36.44
N.- TODOS LOS SANTOS	24.318.00	12.57	1.7	0.37	0.52	49.68
<b>TOTAL</b>	<b>453.571,00</b>	<b>7,93</b>	<b>1,84</b>	<b>0,96</b>	<b>2,13</b>	<b>46,74</b>



**TOTAL MINERAL PROBABLE**

	<b>TMS</b>	<b>Oz.Ag/Tc</b>	<b>%Cu.</b>	<b>%Pb.</b>	<b>%Zn.</b>	<b>SEQUIV.</b>
<b>A.- VETA FLORIDA</b>	31.113,00	6,72	1,63	1,13	3,08	44,72
<b>B.- VETA MARIA</b>	36.880,00	5,91	1,98	0,57	1,09	39,67
<b>C.- SAN DAVID</b>	25.775,00	6,65	2,72	0,46	1,29	49,54
<b>D.- VETA SUR</b>	6.830,00	6,98	1,02	1,93	2,96	41,04
<b>E. -RAMAL FLORIDA "2"</b>	12.661,00	7,81	1,71	0,32	1,18	40,48
<b>F.- VETA "9"</b>	2.200,00	7,81	2,22	2,96	5,32	65,24
<b>G.- RAMAL "1" SUR</b>	850,00	10,50	1,32	3,00	2,75	55,31
<b>H.- SPLINT VETA SUR</b>	460,00	11,20	2,06	1,34	2,28	58,23
<b>I.- SPLINT FLORIDA 2</b>	4.400,00	6,5	1,42	1,32	3,52	43,71
<b>J.- VETA CARMEN</b>	--	--	--	--	--	--
<b>K.- VETA FLORIDA</b>	2.430,00	21,42	0,85	3,94	6,18	87,11
<b>L.- RAMAL VIOLETA</b>	--	--	--	--	--	--
<b>M.- RAMAL "2" SUR</b>	--	--	--	--	--	--
<b>N.- TODOS LOS SANTOS</b>	8.106,00	12,57	1,7	0,37	0,53	49,70
<b>TOTAL</b>	131.705,00	7,28	1,91	0,86	1,93	45,17

**RESERVAS A CUT OFF de U.S.\$ (35.00**

<b>MINERAL</b>	<b>TMS</b>	<b>Oz.Ag/Tc</b>	<b>%Cu</b>	<b>%Pb</b>	<b>%Zn</b>	<b>SEquiv.</b>
PROBADO	453,571	7.93	1.84	0.96	2.13	46.74
PROBABLE	131,705	7.28	1.91	0.86	1.93	45.17
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>585,276</b>	<b>7.78</b>	<b>1.86</b>	<b>0.94</b>	<b>2.08</b>	<b>46.42</b>

## **CAPITULO IV**

### **4.-1.- INTRODUCCION.-**

Como hemos podido observar en los costos de Operación Mina, el que corresponde a la voladura es el mas alto, 7.29 \$/TM, por lo tanto el objetivo es bajar los costos, mejorar la producción y por ENDE la productividad, el estudio y las pruebas que se vienen haciendo en Sayapullo con la introducción de la emulsión en la voladura en remplazo de la dinamita es obtener mejoras resultados que bajen los costos, ello es modificado malla de perforación en los mismos accesorios, mecha de seguridad y fulminante # 8.

#### 4.2.- DEFINICION DE LA DINAMITA.

Las dinamitas son explosivos comerciales que se fabrican en diferentes formulaciones, teniendo siempre cuidado que se encuentren balanceados adecuadamente en oxígeno, evitando así la formación de gases nocivos.

Están compuestos básicamente de una masa Gelatinosa encargada de darle la sensibilidad y potencia requerida, formado por la mezcla de Nitroglicerina  $C_3H_5(NO_3)_3$ , Nitroglicol y elementos gelatizantes e inertes en proporciones adecuadas que hace que el explosivo más seguro en su manipulación y uso, elementos a los que íntimamente se les une al nitrato de amonio como portador de oxígeno y con otros componentes carbonosos que ayudan a realizar una adecuada combustión.

La dinamita al ser estimulada por una sola onda de choque, reacciona químicamente en forma violenta, produciendo instantáneamente una gran cantidad de gases a altas temperaturas y en consecuencia a grandes presiones, las cuales debidamente aplicadas, se convertirán en fuerza destructora que servirá para romper los diferentes tipos de rocas.

Las dinamitas son mezclas producidas en varios tipos y grados, sensibles al fulminante, son empacadas en cartuchos cilíndricos de diámetros de 7/8" hasta mayores con longitudes de 8" hasta 24", varias protecciones de papel o envolturas se usa para empacarlas y protegerlas de la humedad.

El porcentaje en peso total y tipo de envoltura tiene una influencia importante en la producción de gases tóxicos.

Hay tres tipos básicos de dinamitas: Granuladas, SEMIGELATINAS Y GELATINAS.

Los dos últimos contienen Nitro-Algodón (nitrato celuloso que se combina con la Nitroglicerina que forma una gelatina cohesiva).

Las dinamitas puras, la nitroglicerina es la principal fuente de energía aumentada por la reacción de varios absorbentes activos llamados "materiales absorbentes" en los que destaca el Nitrato de sodio ( $NaNO_3$ ) y combustible carbonosos.

#### 4.3.- DEFINICIÓN DE EMULSIÓN

Una emulsión explosiva, es del tipo “Agua dentro de Aceite”, es una solución saturada de sales el cual es el soluto, son los nitratos, el solvente el agua y los combustibles y emulsificante que constituyen la fase aceitosa.

Como hemos dicho las emulsiones están compuestas básicamente por una solución oxidante de nitrato de amonio y agua, por un combustible insoluble en agua, un agente emulsificante y por elementos sensibilizadores y potenciadores.

Su fase dispersa están conformada por una solución acuosa concentrada de sales oxidantes y su fase continua por hidrocarburos y aceites minerales, los que cubren cada partícula de los elementos sólidos, dotando al producto de ese modo de una excepcional impermeabilidad.

Debido a que la fase dispersa constituye mas del 90% de la composición total y la fase aceitosa solamente un 5% para su fabricación se requiere de un proceso bastante sofisticado ya que para decirlo en términos sencillos este 5% debe envolver al 90% de la fase acuosa.

De manera gráfica podemos señalar que la estructura de una emulsión explosiva es como de un ANFO, donde el nitrato esta disuelto en agua y posteriormente cada partícula de esta disolución esta recubierta por un aceite mineral.

Una vez obtenida la emulsión inerte se añade el agente emulsificante para estabilizar la emulsión previniendo la separación de sus fases y finalmente se incorpora el sensibilizador que puede ser burbujas de aire ó microesferas de vidrio para controlar la densidad y la sensibilidad del producto para su iniciación así como para optimizar su rendimiento bajo el concepto de los “ puntos calientes”.

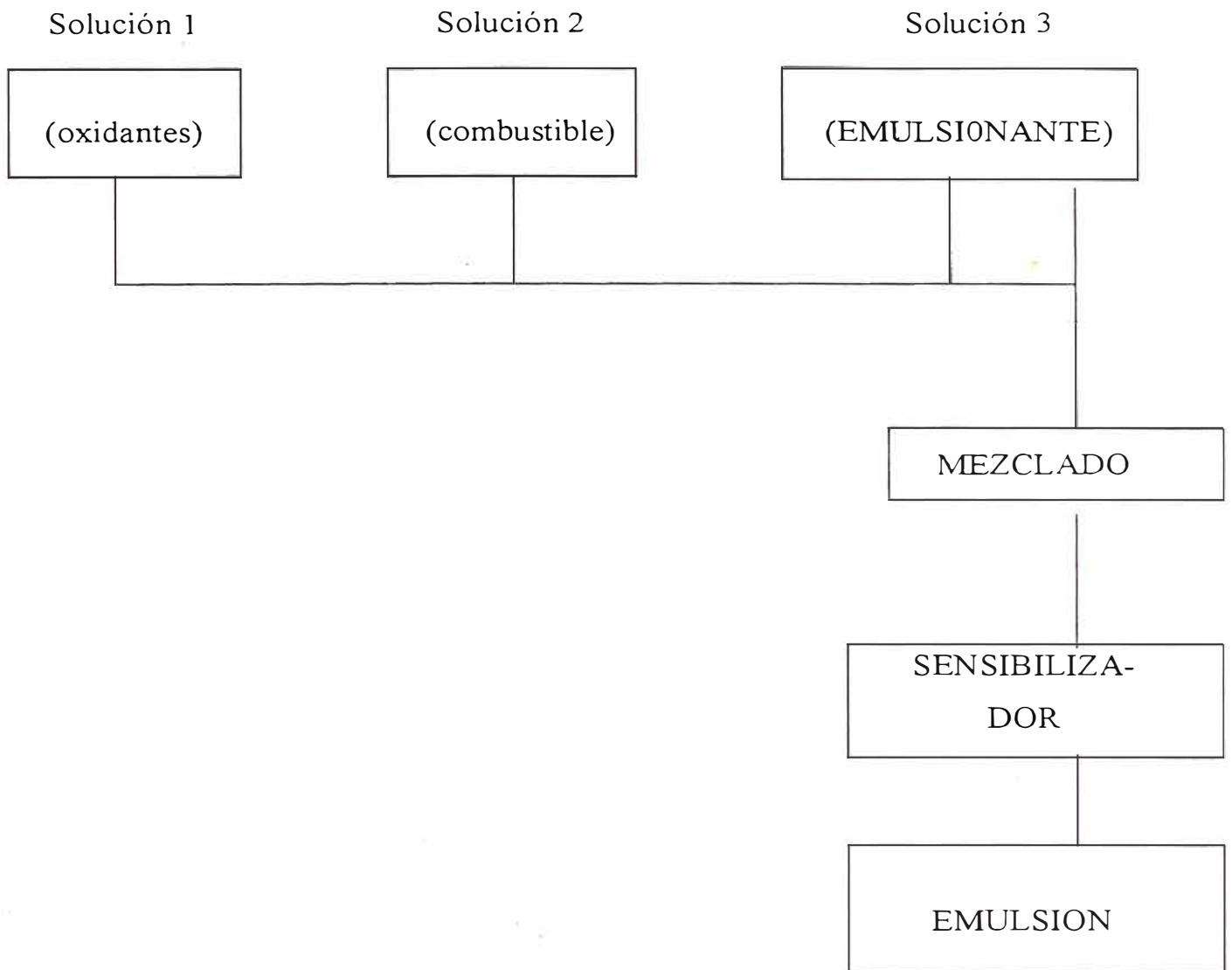
#### 4.3.1. COMPOSICION DE EMULSIONES EXPLOSIVAS

OXIDANTES	EMULSIFICANTES
Nitrato De Amonio	Emulsificante No-Ionico
Nitrato De Sodio	Emulsificantes Ionicos
Nitrato De Potasio	Coemulsificantes Poliméricos Sensibilizantes
Nitrato De Calcio	Microesferas
Perclorato De Amonio	Perlita
Perclorato De Sodio	Agente espumante Químico
Agua - Combustible	Sensibilizante Químico
Cera	catalizadores De Composición

- Las emulsiones son soluciones concentradas de nitrato dispersos en una envoltura continua de aceite combustible. Se sensibilizan mediante el control de densidad, añadiendo micro esferas de vidrio.

#### **CARÁCTERISTICAS.**

- Alta resistencia al Agua
- Alta VOD (5000 m/sg)
- Alta densidad
- Alta seguridad manipuleo, producción, almacenamiento y usos.



- **SOLUCIÓN OXIDANTE.-** Generalmente esta constituida por sales Nitrosas (Nitrato de Amonio y/o sodio)
- **LOS COMBUSTIBLES.** Son de origen orgánico tales como los derivados del Petróleo , etc.
- **EMULSIONANTES O AGENTES TENSO ACTIVO.-** Mezcla que generalmente contiene un grupo hidrofobico Soluble en aceite, estas moléculas forman una película al rededor de cada gota que sirve para evitar su coalescencia.
- **CLASES** : hay dos tipos.  
Iónicos (Acido oleico, aleato de Calcio y Mg etc.)

NO IONICOS (Mono - oleato de Sorboitan)

\* \* Una emulsión es una mezcla estable de un liquido INMISIBLE disperso en otro

**EMULSIONANTE.**-Mezcla de una sustancia, la cual sirve para estabilizar a una Emulsión.

- **EMULSIÓN.**- Son mezclas que consisten de soluciones concentradas de nitratos dispersos en una fase continua de aceite o cera generalmente estas mezclas no contienen en sus ingredientes sustancias Explosivas propiamente dichas.

#### 4.3.2. COMPOSICIÓN PORCENTUAL GENERICA DE UNA EMULSIÓN

INGREDIENTES	%W
AN/CN	72.00
H <sub>2</sub> O	18.00
E <sub>1</sub> (Emulsionante)	5.00
S <sub>1</sub> (sesibilizador)	<u>5.00</u>
	100.00

#### 4.3.3. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE UNA EMULSION

Densidad (gr/cc)	1.00 - 1.40
VOD (Mt/Sg)	3000 - 6000
Calor Explosión Q <sub>3</sub> (col/cc)	750 - 1600
presión de detonación P <sub>2</sub> (Kbar)	90 - 125



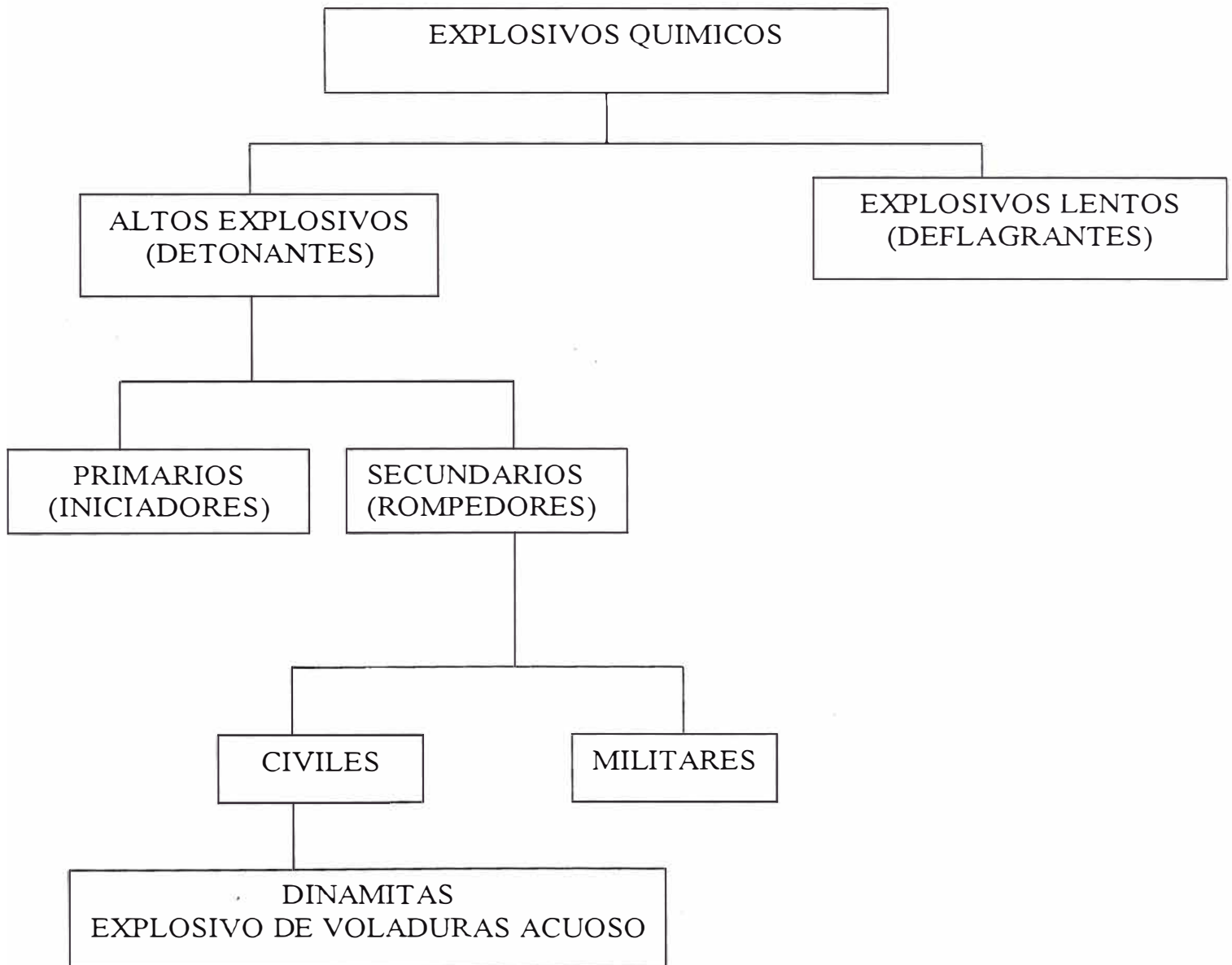
sensibilidad

sensible el fulminante común  
y en un booster

Diámetro crítico

25 mm.

4.4.- **CLASIFICACION DE LOS EXPLOSIVOS USADOS EN SAYAPULLO DINAMITA SEMEXA 65 Y EMULSION LA IREMUTA , 82.**



La dinamita Semexa 65 - Es un explosivo químico, Alto explosivo secundario de uso civil - dentro las dinamitas es una semi gelatinosa.

LA IREMITA 82 .- Explosivo Químico. Alto Explosivo, secundario de uso civil - dentro de la emulsiones.

#### 4.5.- PROPIEDADES DE LOS EXPLOSIVOS

	<b>SEMEXA 65</b>	<b><u>IREMITA 82</u></b>
DENSIDAD gr/cc	1.12	1.18
VOD (m/s)	4,200	5100
PRESION DETONACION (Kbar)	49.5	77
POTENCIA RELATIVA POR PESO %	0.74	1.11
CATEGORIA HUMOS	PRIMERA	PRIMERA
RESISTENCIA AL H <sub>2</sub> O	MUY BUENA	EXCELENTE
SENSIBILIDAD AL DETONARDOR COMUN	SI	SI

- **LA DINAMITA** semi- Gelatinosa, tiene un alto poder rompedor y muy buena resistencia al agua; para uso en rocas intermedias a duras.
- **LA IREMITA** para uso exclusivo en voladuras de rocas extremadamente duras y abundante presencia de agua, puede usarse como iniciador para todo tipo de NCN esto se debe a su alta velocidad de destrucción.

## CALCULO DE LA PRESION DE DETONACIÓN

$$P_D = \frac{d \exp(VOD)^2}{4} \times 10^{-5} \text{ K bar}$$

DONDE :  $P_D$  = Presión detonación (Kbar)  
 $d_{\text{exp}}$  = densidad del explosivo (gr/cc)  
 $VOD$  = velocidad de detonación (m/s)

$$Dy 65 \Rightarrow VOD = 4200$$

$$IR 82 \Rightarrow VOD = 5100$$

$$\Rightarrow P_{D_{D_Y}} = \frac{1.12(4200)^2}{4} \times 10^{-5} = 49.4 \text{ Kbar}$$

$$\Rightarrow P_{D_{I_R}} = \frac{1.18(5100)^2}{4} \times 10^{-5} = 76.7 \text{ Kbar}$$

## CAPITULO V

### 5.- MINERIA

Como se muestra en el cuadro de la historia de producción el año 1995, se envió a planta concentradora 94,415 TM de Mineral de cabeza anual, un promedio de 7,868 TM/Mes, el año 1996 se envió 15,4215 TM/Año, un promedio de 12,852 TM/Mes.

El año 1995 la Gerencia General a través de Sub- Gerente General Ing. Guillermo Montori, realizo un proyecto de inversión en la compañía Minera Sayapullo S.A.

Al llevarse a cabo este proyecto, la producción de mina tenía como objetivo 15,000 TM / Mes, para lo que los responsables de la rotura en mina nos vimos obligados a hacer un replanteo de nuestra perforación y voladura,

teniendo como objetivo, bajar costos, mejorar ley cabeza, aumentar la producción.

En este cambio que se hizo se atacó primero el explosivo que usamos dinamita senexa 65% el cual fue cambiado por la emulsión encartuchada IREMITA 82, obteniendo resultados que detallamos a continuación.

## **5.1.- SISTEMA DE MINADO**

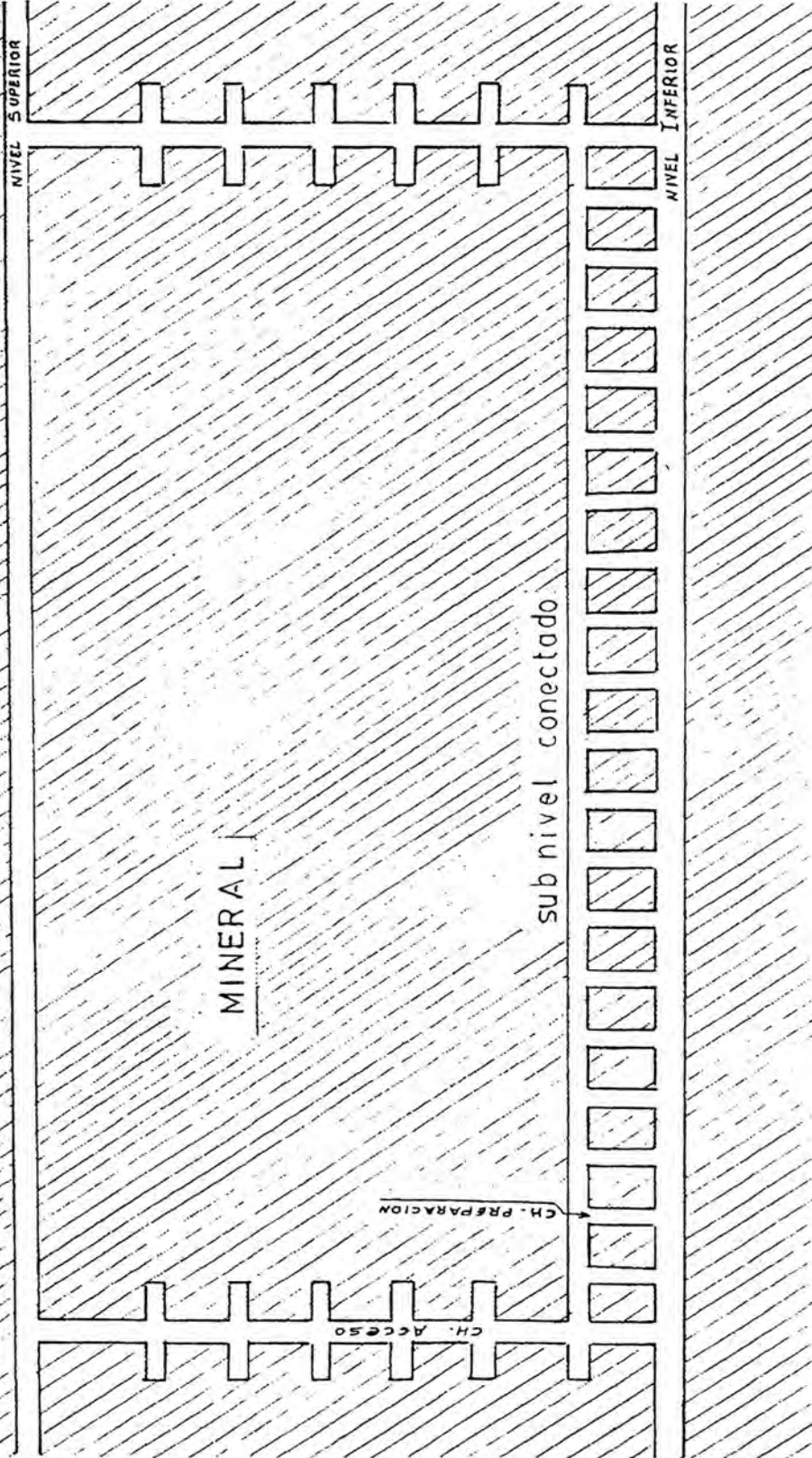
El tipo de yacimiento, las características físicas y la estructura del mineral, así como las dimensiones de la mineralización, son las variables que determina el método del minado a utilizarse en la explotación de minas.

Sayapullo es un yacimiento vetiforme, con buzamientos promedios de 75° (variando desde 55° hasta vertical) las vetas tienen rumbos NW con potencia promedio de 0.6 mts.

Actualmente toda la explotación está concentrada en el NV-8 y NV 9, es decir todo el mineral sale de estos niveles .

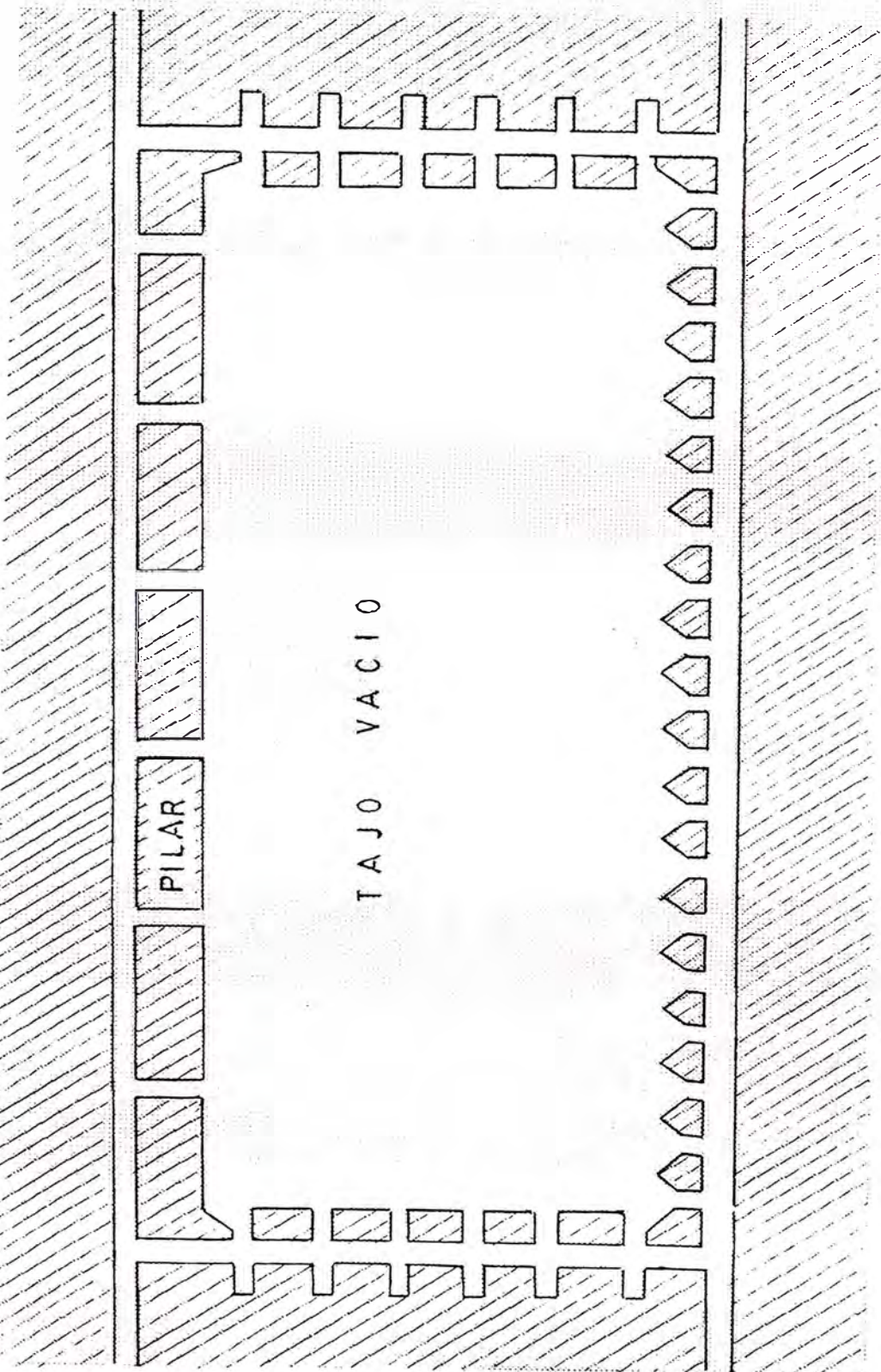
El método de minado es de corte y reducción Dinámico (Shrinkage), para cumplir las 500Tm/día de producción, se dispone de 10 tajos aproximadamente de los cuales, 3 deben estar en descarga, 5 en rotura y 2 en preparación, la longitud de los tajos variables (de 70 a 100 mts.) la potencia de las vetas en promedio es 0.60 mts, el ancho de cubicación es de 1.00mt. y el ancho de rotura promedio 1.10 mts, este método de explotación nos permite establecer una explotación selectiva, es el más barato y el que mejor se adapta al tipo de terreno de sayapullo.

La Operación se realiza con perforadoras comunes (Jacklegs), la limpieza de los frentes se realiza a pulso y algunas veces con palas neumáticas, el acarreo del mineral es mediante carros mineros U-35 y el transporte se realiza con locomotora de 1.5 y 2 TM a Trolley, minería sobre rieles (sistema de minado convencional)



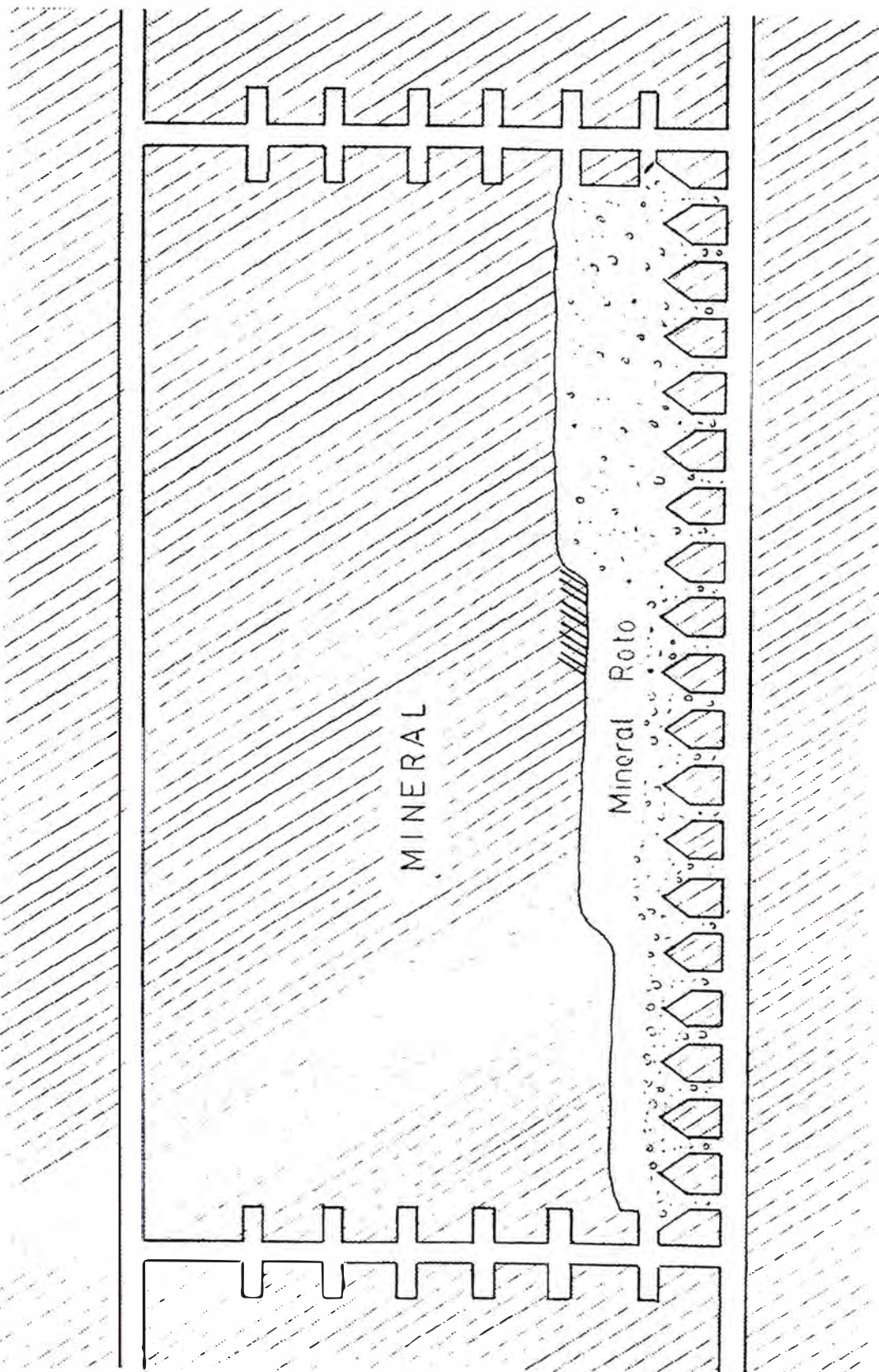
PLANTA JOSE BALTA  
CIA MINERA SAYAPULLO

DIB. B,U.R. ESCALA: 1/2(10) FECHA 04-04-98



PLANTA JOSE BALTA  
CIA MINERA SAYAPULLO

DIB. B.U.R. ESC./L.: 1/200 FECHA 01-04-98



PLANTA JOSE BALTA  
 CIA MINERA SAYAPULLO  
 DIB. B.U.R. ESCALA: 1/200 FECHA 04-04-98

## **5.2.- LABORES**

### **5.2.1.- LABORES DE EXPLORACION Y DESARROLLO**

La labor de exploración y desarrollo (Galerías, Cortadas, Cruceros, Chimeneas), son los que nos sirven para dar acceso el block mineralizado.

#### **- GALERÍAS.-**

Son labores que nos sirven para desarrollos y explotación, estas labores se corren en una sección al piso de 6' y 7' en desmonte, dejando la veta al piso y cada 6' ú 8 metros se desquinchan la veta, método de zincado.

#### **- CORTADAS Y CRUCEROS.-**

Son labores de explotación y labores que sirven para la explotación de mineral, estas labores son llevadas con sección de 6' x 7' con ptos de dirección.

#### **- CHIMENEAS DE BLOQUEO,-**

Después de corrido la galería cada 100mts. Se levantan las chimeneas de bloqueo, las cuales sirven para delimitar los tajos que posteriormente serán explotados y también son labores que sirven para la ventilación, su sección es de 4' x 6', son llevadas sobre vetas , en estas chimeneas cada 6 mts., se hacen ventanas de sección 4' x 5' y 3 mts. De longitud, la cual; posteriormente facilita la comunicación del tajo con la chimenea.



## 5.2.2.- LABORES DE PREPARACIÓN Y EXPLOTACIÓN

### - CHIMENEA DE PREPARACIÓN.-

Son labores que se realizan como inicio del tajo, se realiza con una sección de 4' x 5' y 6 mts de longitud, estas chimeneas se hacen cada 5 mts, de centro a centro de la chimeneas, empezando de la chimenea de bloqueo, con esto va quedando las BOX HOLE cada 5 mts, dejando un triángulo de base 5 mts. por 3 mts. de altura y buzones chinos ó Americanos.

### - TAJEOS.-

La explotación de los tajos se realiza por el método Shirinkage ó almacenamiento provisional el mineral es tajeado en franjas horizontales, realizando de la parte inferior del tajo hacia arriba.

El mineral roto tiene un aumento de 30% el cual se extrae como exceso para seguir manteniendo la altura de perforación de 3 mts, se deja pilares de sostenimiento en la parte lateral del tajo.

- La perforación se realiza con maquinaria Jacklegs Toyo 280-L, se usa barrenos de 4' y 8', los taladros son casi verticales, forman un ángulo de 75° a 85° con la horizontal, la malla de perforación es cuadrada de 2 en fila.
- El tiempo de perforación de un taladro es de 6 minutos y consideramos el taladro concluido de 8' en 8 minutos.

- La perforación de 20 taladros (tarea) lo realiza un perforista y su ayudante los cuales cargan y disparan.

### 5.3.- PERFORACIÓN VOLADURA

La perforación y la voladura son actividades importantes para la explotación del mineral en una mina ya que una deficiente perforación ó voladura trae como consecuencia daños en la caja o techo de las labores menor tonelaje de lo estimado, mala fragmentación, tiros fallados ó cortados, presencia de tacos, dilución del mineral, alto consumo de barrenos y explosivos, todo lo mencionado afecta al costo.

Por ello en Sayapullo se tiene como objetivo disminuir los costos de perforación y voladura y mejorar nuestros índices de productividad.

#### 5.3.1.- MALLA DE PERFORACIÓN Y TRAZOS DE VOLADURA.

Determinación del burden y espaciamiento en los frentes.

Para nuestros cálculos teórico usaremos la formula de C.J Kouya. La cual esta basada en la teoría del DR. Ash; Esta formula relaciona el diámetro de la carga Explosiva y la densidad, tanto del explosivo como de la roca.

#### CALCULO DEL BURDEN (B)

$$B = 3.15 \sqrt[3]{\frac{S_{Ge}}{S_{Gr}}}$$

**DONDE:**

B = Burden en pies  
de = Diámetro del explosivo \ en pulgadas  
SGe = densidad del explosivo  
SGr = densidad de la roca

**CALCULO DEL ESPACIAMIENTO (S)**

$S = (H + 2B) / 3$ ;	$H \leq 4B$
----------------------	-------------

$S = 2B$ ;	$H > 4B$
------------	----------

**DONDE:**

H = profundidad del taladro

B = burden

**CALCULO ALTURA DE CARGA (Hc)**

T = B ; Roca masiva

T = 0.7 B ; Roca estratificada

**DONDE:**

T = TACO

Hc = H - T

### 5.3.2.- DETERMINACION DEL BURDEN EN FRENTES

#### PARA NUESTRO CASO

Secc del frente = 6' x 7' = 1.8m x 2.10 m.

Roca masiva, dura y Tenaz ( cuarcita, areniscas, limolitas, calizas)

Densidad Roca =  $S_{Gr} = 2.7 \text{ T/M}^3$

- Según la clasificación escala de M. PROTODIAKONOV.

Explosivo usado      DINAMITA    65% de  $1 \frac{1}{8}$ " x 7'

IREMITA      82% de  $1 \frac{1}{8}$ " x 8'

Densidad       $D_y$  65% =  $S_{Ge} = 1.12 \text{ gr/cc.}$   
 $D_y$

Densidad       $D_I = S_{Ge} = 1.18 \text{ gr/cc.}$   
 $I_r$

$$\Rightarrow B_{D_y} = 3.15 \left( \frac{9}{8} \right) \sqrt[3]{\frac{1.12}{2.7}} = 2.64 \text{ pies} \cong 80 \text{ cm.}$$

$$S_{D_y} = \frac{1.8 + (2 \times 0.8)}{3} = 1.13 \text{ mts}$$

T = 0.8 mts.

$H_c = 1.8 - 0.8 = 1 \text{ mts.}$

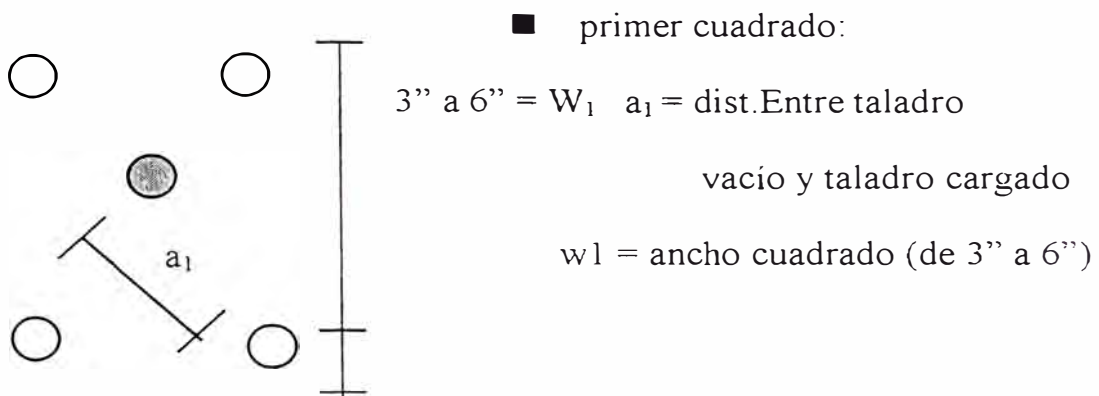
La perforación de los frentes se realiza con:

- Maquinaria manual liviana Jacklegs Toyo 280 L
- Barreno de 6' y diámetro tal = 1.5"  $\approx$  38 mm.
- Método de arranque usado es corte quemado con un taladro vacío al centro

Con este método se hacen taladros paralelos entre si y debe tener un espaciado adecuado (entre 3" a 6") de acuerdo a la fiabilidad de la roca.

En sayapullo la roca es dura y tenaz por lo que la malla que se usa es de 26 taladros cargados y 1 vacío, esto ha sido calculado siguiendo el método de los cuadrados inscritos y de acuerdo a la metodología usada por Langefors, que nos muestra que el ancho del último cuadrado, en el Burden del siguiente cuadrado entonces cuando el ancho es mayor que el burden calculado no podrá haber otro cuadrado. Actualmente se está usando una malla con 22 taladros cargados y un vacío (ver fig)

### CORTE QUEMADO



## 2<sup>DO</sup> CUADRADO

$$a_a = W_1$$

$$c-c = 1.5 W_1$$

$$W_2 = 1.5 W_1 \sqrt{2}$$

## 3er CUADRADO

$$a_3 = W_2$$

$$c-c = 1.5 W_2$$

$$W_3 = 1.5 W_2 \sqrt{2}$$

## 4to CUADRADO

$$e_4 = W_3$$

$$c-c = 1.5 W_3$$

$$W_4 = 1.5 W_3 \sqrt{2}$$

## MALLA CUADRADA PARA DINAMITA (fig. a)

$$a_1 = 8 \text{ cm. (Burden)}$$

$$W_1 = 12 \text{ cm}$$

$$a_2 = 12 \text{ cm. (Burden)}$$

$$C - C = 18 \text{ cm}$$

$$W_2 = 25 \text{ cm}$$

$$a_3 = 25 \text{ cm. (Burden)}$$

$$C-C = 38 \text{ cm}$$

$$W_3 = 54 \text{ cm.}$$

$$a_4 = 54 \text{ cm. (Burden)}$$

$$C - C = 81 \text{ cm}$$

$$W_4 = 1.14 \text{ mt.}$$

$W_4 > B$  calculado

$\Rightarrow a_5 = 1.14 > 0.8$  calculado

### **MALLA CUADRADA PARA EMULSION (fig b)**

$$a_1 = 12 \text{ cm.}$$

$$W_1 = 18 \text{ cm}$$

$$a_2 = 18 \text{ cm.}$$

$$C - C = 27 \text{ cm}$$

$$W_2 = 38 \text{ cm}$$

$$a_3 = 38 \text{ cm.}$$

$$C-C = 57 \text{ cm}$$

$$W_3 = 81 \text{ cm.}$$

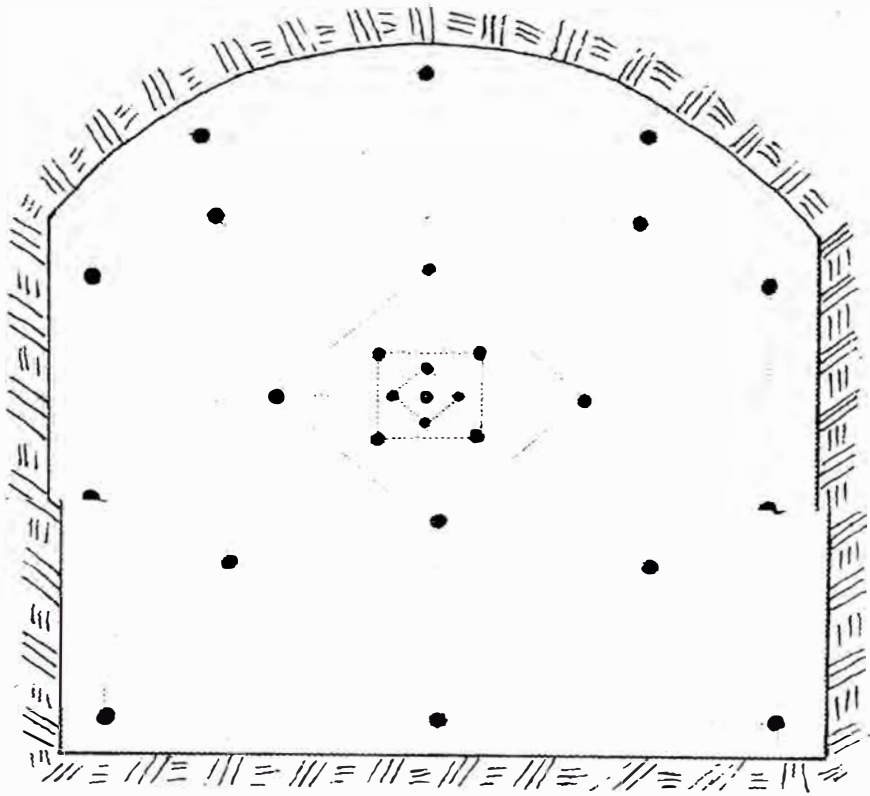


fig. "a"

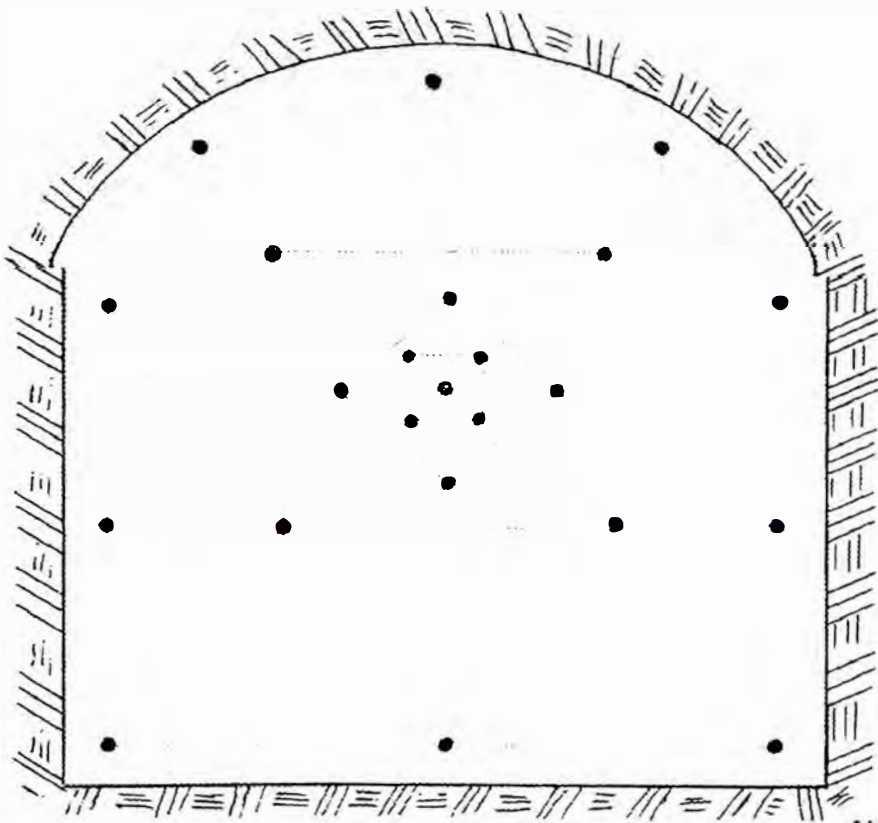
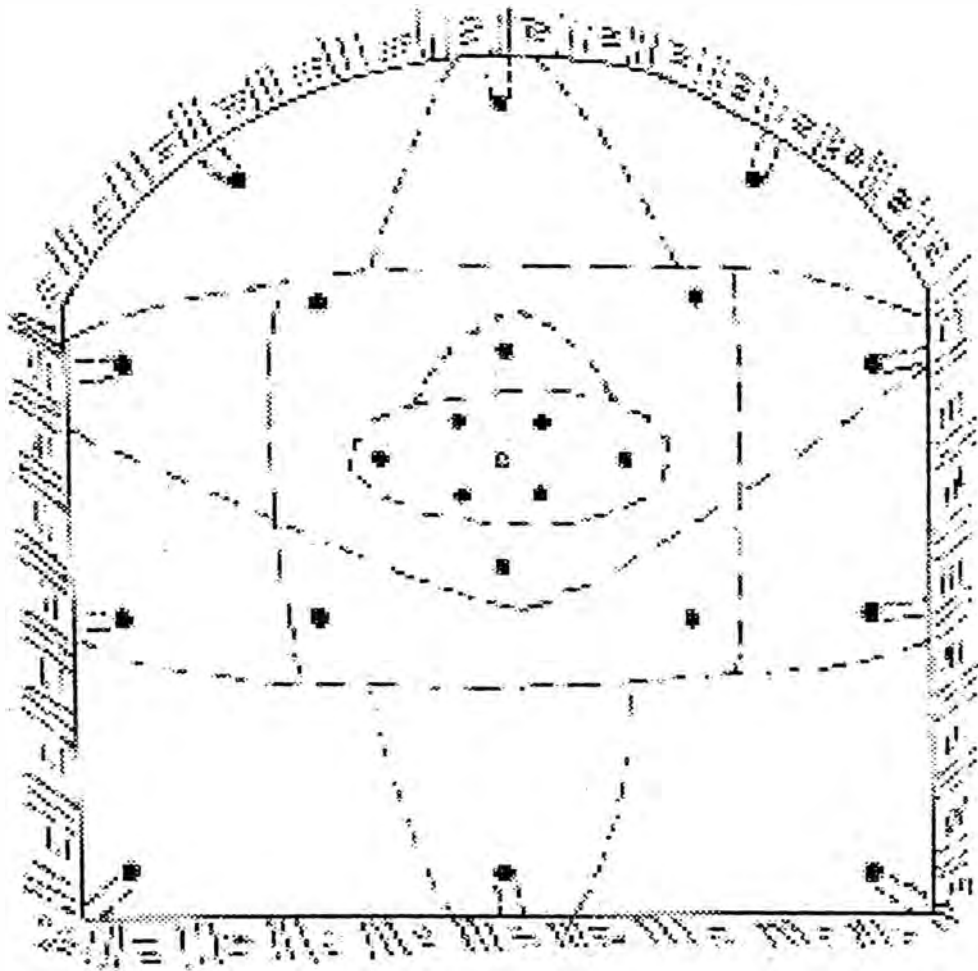


fig. "b"





En el presente gráfico se muestra, según el orden de salida de los taladros, las caras libres que se van formando en un disparo de frente de 6' x 7'.

### **5-3-3 DETERMINACION DEL BURDEN Y ESPACIAMIENTO PARA LOS TAJOS:**

#### **\* METODOS DE PERFORACION**

##### **A) PREPARACION DE LA LABOR**

Es muy importante que se establezca en la labor a fin de obtener los mejores resultados en el trabajo de perforación de taladros y posterior voladura de los mismos.

Se considera algunos aspectos básicos que el operador debe controlar como:

- Preparación de la zona de perforación y altura entre piso y techo de la labor, se busca la horizontabilidad del terreno a fin de conseguir el mismo ángulo de inclinación para la perforación de taladros entre filas, de la misma manera se ha determinado la altura entre piso y corona del tajo de 3 mts.
- Paralelismo entre taladros y longitud.- el paralelismo se constituye en el requisito indispensable a fin de obtener los mejores resultados en las voladuras aprovechando al máximo las propiedades físicas de los explosivos.
- La igual longitud del taladro evita la presencia de tacos después de la voladura
- Ciclo de minado.- debe estar bien definido, que nos permita una operación continúa de los equipos, reduciendo la pérdida de tiempo por traslado excesivo y minimizando los tiempos improductivos.

## DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACION PARA EL TAJO

### - DETERMINACIÓN DE BURDEN Y ESPASMIAMIENTO

La malla de perforación para el tajo ha sido calculado basado en la teoría de PEARSE.

El Burden calculado con esta teoría esta en función de las características geomecánicas de la roca. La propiedades del explosivo y la geometría del disparo.

#### TEORIA DE PEARSE

$$B = \frac{K\varnothing}{12} \sqrt{\frac{P_2}{std}}$$

#### DONDE:

B= Burden (pies)

K= Constante dependiente de la roca <0.7-1.0>

$\varnothing$  = Diámetro del taladro (pulgadas).

$P_2$ = Presión de detonación del explosivo (PSI)

std = Esfuerzo tensivo dinámico de la roca (PSI)

Explosivo : DINAMITA SENEXA 65%

## CALCULO DE P<sub>2</sub>

$$VOD = 4200 \text{ m/seg.}$$

$$De = 1.12 \text{ gr/cc (densidad explosivo)}$$

$$P_2 = \frac{De(VOD)^2}{4} \times 10^{-2}$$

$$P_2 = 49.5 \text{ Kbar}$$

Calculo de la constante "K"

$$K = 1.96 - 0.27 \ln (RQD)$$

RQD = INDICE DE CALIDAD DE LA ROCA DE ACUERDO A DEER MILLER.

- \* Cuando no se dispone de núcleos de perforación, se puede estimar el RQD por la cantidad de fisuras por unidad de volumen, esto es para una roca sin arcilla.

$$RQD = (115 - 3.3 Jv)$$

DONDE:

$$Jv = \text{Número de fracturas/m}^3$$

en el tajo se sacó promedio de :  $Jv = 10$ .

$$\Rightarrow RQD = (115 - 3.3(10)) \times 100 = 82 \%$$

RQD = 82% tenemos de resistencia alta según tabla

## CLASIFICACION DE LA ROCA INTACTA

CLAS E	RESISTENCIA DE LA ROCA	RESISTENCIA A COMPRESION SIMPLE		RQD
		KG/Cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	
A	MUY ALTA	>2250	>31 995	90 -
B	ALTA	1120 - 2250	15926 - 31995	100%
C	MEDIA	500 - 1120	7110 - 15936	75 - 90%
D	BAJA	280 - 500	3981 - 7110	50 - 75%
E	MUY BAJA	<280	<3981	25 - 50%
				25%

$$1 \text{ Kg / cm}^2 = 14.22 \text{ lb / pulg}^2$$

$$\Rightarrow K = 1.96 - 0.27 \text{ lm (RQD)}$$

$$K = 1.96 - 0.27 \text{ lm (82)} = 0.77$$

### CALCULO DEL ESFUERZO TENSIVO DINAMICO

#### CUERPO MINERALIZADO DE SAYAPULLO

Con un RQD = 82% Aproximado, es un terreno de resistencia alta, entonces tenemos que su resistencia a la compresión simple =  $S_c = 23425 \text{ lb / plg}^2$

$$\text{Esfuerzo tensido dinámico} = \text{std} = 8\% S_c$$

$$\text{Std} = 8\% (23425) = 1874 \text{ lb / plg}^2$$

## CALCULO DE BURDEN

$$B = \frac{K\phi}{12} \sqrt{\frac{P_2}{std}}$$

EXPLOSIVO DINAMITA 65%

VOD = 4200 m/seg

D expl = 1.12 gr/cc

P<sub>2</sub> = 49.5 Kbar

DONDE: P<sub>2</sub> = 49.5 Kbar = 49.5 (14503.89) = 717942.55 lb / plg<sup>2</sup>

SI: 1Kbar = 14503.89 lb / plg<sup>2</sup>

std = 1874 lb / plg<sup>2</sup>

K = 0.77

ϕ = 1.5"

B = 1.88 X 30.48 = 57 cm.

$$B = \frac{0.77(1.5)}{12} \sqrt{\frac{717942.55}{1874}} = 1.88 \text{ pies}$$

EXPLOSIVO IREMITA 82

VOD = 5100 M/SEG.

DE = 1.18 GR / CC

$P_2 = 77 \text{ KBAR} = 77 \times 14503.89 = 1,116,799.5$

$P_2 = 1,116,799.5$

STD = 1873.989 LB / PULG<sup>2</sup>

K = 77

$\varnothing = 1.5 \text{ PULG.}$

CALCULO BURDEN

$$B = \frac{0.77(1.5)}{12} \sqrt{\frac{1116799.5}{1873.989}} = 2.35 \text{ pies}$$

B = 2.35 X 30.48  $\cong$  72 CM.

#### 5.3.4 Análisis resultados frentes.

Roca	:	Dura
Sección	:	6 x 7
Droca	:	2.7 Tn/m <sup>3</sup>

#### Explosivo Dinamita

#### Perforación

1. Arranque	Corte Quemado	Corte Quemado
2. N° Tal. perforados		27 mts.
3. N° Tal. cargados		26 mts.
4. Longitud perforación		1.7 mts.
5. $\phi$ Tal.		1.5 pulg.
6. Pies perforados		150.5 pies

#### Voladura

1. N° Cortuchos (total)	163 und.
2. Peso total explosivo	19.9 Kg.
3. Mecha seguridad (pies)	182 pies.
4. Fulminante # 8	26 und.

#### Resultados: Evaluación Técnica

1. Avance prom.	1.4 m/disp.
2. Factor carga	14.2 Kg/m
3. Fragmentación	Buena
4. Techo	Regular



## **EXPLOSIVO IREMITA**

### **Perforación**

1. Arranque	Corte Quemado
2. N° Tal. perforados	23
3. N° Tal. cargados	22
4. Longitud perforación	1.70 mts.
5. $\phi$ Tal.	1.5 pulg.
6. Pies perforados	128 pies.

### **Voladura**

1. Total Cart	139 unds.
2. Peso total expl.	19.32 Kg
3. Mecha seguridad	154 pies
4. Fulminante # 8	22 unds.

### **Evaluación Técnica**

1. Avance prom.	1.5 mts/disp.
2. Factor carga	12.88 Kg/mt
3. Fragmentación	Buena
4. Techo	Bien arqueado

### 5.3.5 Análisis Resultados Tajos

Densidad Mineral = 3 T/m<sup>3</sup>

Explosivo Dinamita Semexa 65% de 1 1/8" x 7"

#### Perforación

1.	Trazo de perforación	2 x 2
2.	Malla perforación (cuadrada)	
	Burden (B)	0.6 mts
	Espaciamiento (E)	0.80 mts
3.	Ancha minado (promedio)	1.00 mts
4.	Longitud taladro ( $\cong$ 8')	2.30 mts
5.	Angulo perforación (prom)	75°
6.	Número taladro	20 unds
7.	Longitud tajeado	6 mts.
8.	Pies perforados	150 pies

#### Voladura

1.	N° Cart. por tal.	10 unds.
2.	Total cartuchos	200 unds.
3.	Peso explosivo	24.4 Kg.
4.	Mecha seguridad	206 pies
5.	N° fulminante # 8	20 unds.

#### Evaluación Técnica

1.	Taco dejado	0.45 mts.
2.	Altura corte	1.72 mts.
3.	Tonelaje roto in situ	31.09 Tn
4.	Ton/Tal	1.54 Ton/Tal.
5.	Factor carga	0.78 Kg/Ton.
6.	Fragmentación	Regular.

## Explosivos Iremita 82 de 1 1/8" x 8"

### Perforación

1.	Trazo perforación	2 x 2
2.	Malla perforación (cuadrada)	
	Burden (B)	0.8 mts
	Espaciamiento (E)	0.8 mts
3.	Ancho minado (Prom)	1.0 mt
4.	Longitud taladro ( $\cong$ 8")	2.30 mt
5.	Angulo perforación (prom)	75°
6.	Número tal	20 unds
7.	Longitud tajeo	8 mts.
8.	Pies perforados	150 pies

### Voladura

1.	N° Cart. por tal	9 unds
2.	Total cartuchos	180 unds
3.	Peso total explosivo	25 Kg
4.	Mecha seguridad	206 pies
5.	N° fulminante # 8	20 unds.

### Evaluación Técnica

1.	Taco dejado	0.25mts
2.	Altura corte	1.90 mts
3.	Tonelaje roto in situ	45.75 Tn.
4.	Ton/Tal	2.3 Ton/Tal
5.	Factor Carga	0.54 Kg/Tn
6.	Fragmentación	Buena

## CAPITULO VI

### 5.1 Análisis Comparativo

#### Perforación frentes:

	Dinamita	Iremita
1. Arranque	Corte quemado	Corte quemado
2. Tal perforados	27	23
3. Tal cargados	26	22
4. Larg. perforación(mts)	1.7	1.7
5. $\phi$ tal (pulg)	1.5	1.5
6. Pies perforados	150.5	128

#### Voladura

1. Total cartuchos	163	139
2. Peso explosivo (Kg)	19.9	19.32
3. Mecha seguridad	182	154
4. Fulm. # 8	26	22

## 6.2 Análisis Comparativo

### Perforación Tajos

	Dinamita	Iremita
1. Trazo perforación	2 x 2	2 x 2
2. Malla perforación		
Bunda (B) mts	0.6	0.8
Espaciamiento (E) mts	0.8	0.8
3. Ancho minado (mts)	1.00	1.00
4. Longitud taladro	2.30	2.30
5. Angulo perforación	75	75
6. Nuevo taladros perf.	20	20
7. Longitud tajeado	6	8
8. Pies perforados	150	150

### Voladura

1. N° cartucho por taladro	10	9
2. Total cartuchos	200	180
3. Peso explosivo (Kg)	24.4	25
4. Mecha seguridad	206	206
5. Ful # 8	20	20

## EVALUACION TECNICA - COMPARATIVA

### FRENTES:

		Dinamita	Iremita
1.	Avance prom/dispn.	1.4 (mts)	1.5 (mts)
2.	Factor carga	14.2 Kg/mt	12.88 Kg/mts
3.	Fragmentación	Regular	Buena
4.	Techo		
5.	Taco lijado	0.30	0.20

## EVALUACION TECNICA - COMPARATIVA

### TAJOS:

		Dinamita	Iremita
1.	Taco dejado	0.45	0.25
2.	Altura corte	1.72	1.90
3.	Tonelaje roto in situ	31.00	45.75
4.	Rendimiento x Taladro	1.54	2.30 ton/tal
5.	Factor carga (Kg/Tn)	0.78	0.54
6.	Fragmentación	Regular	Buena

## 6.4 Evaluación Técnica Económica

### Dinamita

#### Perforación

1. Máquina perforadora	0.06 \$./pie x 150.5	= 9.03
2. Barrenos	164 \$./pie x 150.5	= 24.68
3. Mano obra (perf. y ayud).	---	= 26.00
		-----
		\$ 59.71

#### Voladura

1. Kg. explosivo (163 cart)	19.9 Kg. x 2.16 \$/Kg	= 42.96
2. Mecha seguridad	182 pies x 0.025 \$/pie	= 4.55
3. Fulminante # 8	26 mts x 0.12 \$/und	= 3.12
		-----
		\$ 50.65

Total Costo Perf. y Voladura	\$ 110.36
Avance 1.4 mt	
Costo \$./mt.	= 78.82

### IREMITA

1. Maq. Perf.	0.06 x 128	= 7.68
2. Barrenos	0.164 x 128	= 20.99
3. Mano obra		= 26.00
		-----
		\$ 54.67

### VOLADURA

	Kg	\$/Kg	
1. Kg. Explosivo (139 cart)	19.32	x 1.88	= 36.32
2. Mecha seguridad	154	x 0.025	= 3.85
3. Fulm # 8	22	x 0.12	= 2.64
			-----
			\$ 42.81

Total Costo Perf. y Voladura	\$ 97.48
Avance 1.4 mt	
Costo \$./mt.	= 69.6 \$ / Mt



## DINAMITA TAJOS

### PERFORACION

1. Maq. Perfor.	0.06 \$./pies x 150	= 9.00
2. Barrenos	0.164 \$./pies x 150	= 24.60
3. Mano Obras (ayud.perf).	----	= 26.00
		-----
		59.60

### VOLADURA

	Kg \$./Kg	
1. Explosivo	24.4 x 2.16	= 52.7
2. Mecha seguridad	206 x 0.025	= 5.15
3. Fulm # 8	20 x 0.12	= 2.40
		-----
		\$ 60.25

Total Costo Perf. y Voladura	\$ 119.85
Tonelaje roto 31.00 Ton.	
Costo \$./Ton.	= \$ 3.87/Tn

## IREMITA

### PERFORACION

1. Maq. Perfor.	0.06 x 150	= 9.00
2. Barrenos	0.164 x 150	= 24.60
3. Mano Obra	\$. 13.00/c/u	= 26.00
		-----
		59.6

### VOLADURA

1. Explosivo	25 x 1.88	= 47.00
2. Mecha seguridad	206 x 0.025	= 5.15
3. Fulminante # 8	20 x 0.12	= 2.40
		-----
		54.55

Total Costo Perf. y Voladura	\$. 114.15
Tonelaje roto 45.75 Ton.	
Costo \$./Ton.	= .249 \$ / Tn

## 7.0 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La discusión de los resultados entre el uso de la dinamita y la iremita se hará desde el punto de vista técnico-económica.

### 7.1 Frentes

	Dinamita	Iremita
1. Factor de carga	14.2 Kg/mt	
2. Eficiencia	1.4 mts/disp.	
3. Costo perf.	\$. 59.71	
4. Costo voladura	\$. 50.65	
5. Costo por metro avance	78.82 \$./mt	
Diferencia costos	(\$. /mt)	= \$.9.22/mt

En Sayapullo se tiene un programa de avance en las labores de desarrollo y preparación de:

Desarrollos = 475 mts/mes

Perforaciones = 230 mts/mes

-----  
705

De los cuales durante el año se tiene un 77% de promedio de cumplimiento del programa lo que quiere decir que mensualmente tenemos un avance de 540 mts/mes.

Por lo tanto con el cambio de explosivo se ha conseguido un ahorro mensual de:

$$540 \text{ mts} \times 9.22 \text{ $./ mt} = 4,978.80 \text{ $.}$$

## 7.2 Tajeos

	Dinamita	Iremita
1. Factor carga	0.78 Kg/Tn	0.54 Kg/Tn
2. Eficiencia	1.54 Ton/Ton	2.30 Ton/Ton
3. Costo perf.	54.6	54.60
4. Costo voladura	60.25	54.55
5. Costo por tonelada	3.87 \$./Tn	2.49 \$/Tn
Diferencia Costos	(\$./Tn)	1.38 \$./Tn

La rotura de los tajeos equivale al 80% del total del mineral enviado a planta, en promedio año 96 y año 97 es 13000 TM, el Mineral que proviene de los tajeos será:

$$13,000 \times 80\% = 10400 \text{ TM}$$

Es la cantidad mínima que rompemos para no crear un desnivel en lo enviado a planta y la rotura en mina.

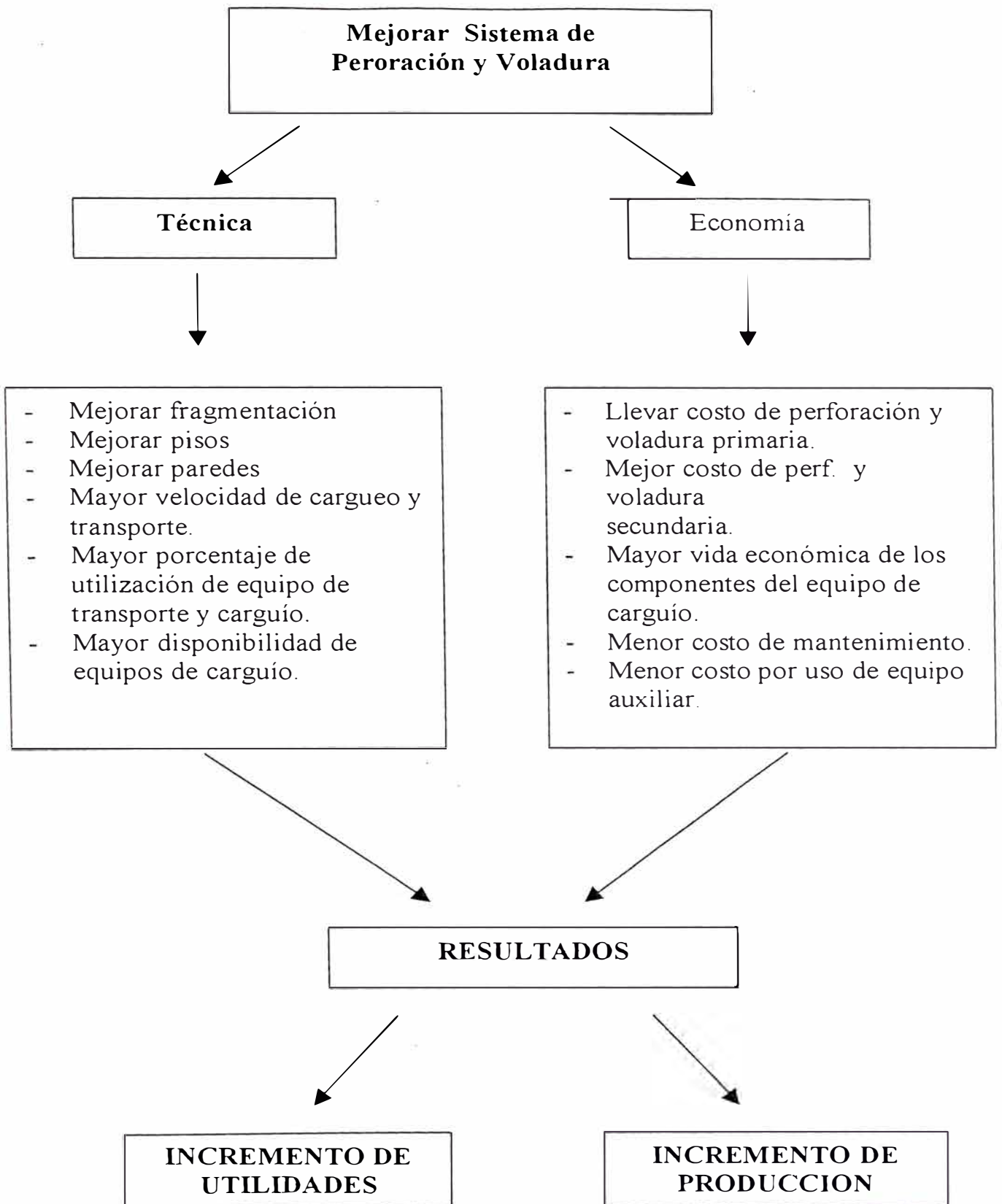
Por lo tanto el ahorro mensual a tajeos será:

$$10400 \text{ TM} \times 1.38 \text{ $/TM} = 14,352 \text{ $./mes}$$

## CAPITULO VIII

### CONCLUSIONES

1. Después de hacer la evaluación técnica económica de la perforación y voladura con explosivos Iremita 82 de SEMINCO S.A. comparado con SEMEXA 65 de explosivos S. A (EXSA), concluimos que para nuestras necesidades y caso de Sayapullo es mas recomendable usar la emulsión.
  - En tajeo se obtiene mayor volumen roto por taladro.
  - En los frentes se perfora menor número de taladros de (27 se reduce a 23)
  - Mayor facilidad en el cebado y carguio.
  - Mayor grado de confinamiento en el taladro.
  - Menor costo por tonelada en tajeo y por metro en los frentes.
  - Mayor velocidad de minado al ampliar la malla de perforación (mayor barden).
  - En taladros inundados la Iremita trabaja sin ningún inconveniente por su alta resistencia al agua.
  
2. Al ampliarla malla en 33% se ha obtenido mejores resultados (mayor volumen roto, mejor fragmentación, etc).
  
3. Al mejorar la fragmentación ha disminuido la voladura secundaria.
  
4. Podemos solucionar el cuadro a los resultados obtenidos en el presente trabajo.



Con el cambio realizado del explosivo se ha disminuido factor de carga:

Frentes = 14.2 Kg/Mt --> 12.88 Kg./mt

Tajos = 0.78 Kg/Tn --> 0.54 Kg/Tn

Sea aumentado la eficiencia

Frentes = 1.4 Mt/disp --> 1.5 Mt./disp.

Tajos = 1.54 Tn/Tal --> 2.3 Ton/Tal

Disminuido costo perforación y voladura.

Frentes = 78.82 \$/mt --> 69.6 \$./Mt.

Tajos = 3.87 \$/Tn --> 2.49 \$./Tn

6. Se ha conseguido un ahorro en perforación y voladura de:

Mensual: Frentes 4,978.00 \$/mes

Tajo 14,352.00 \$/mes

Anual : Frente --> 59,745.6 \$

Tajo --> 172,224.00 \$

7. Concluimos que los explosivos de mayor eficiencia tiene siempre menos costo.

8. La perforación vertical que hace en Soyopello permite contar con areas grandes de tajeos perforados y poder implementar con facilidad la perforación continua; y hacer la voladura con Fanel.

9. La evaluación de los trabajos de perforación y voladura ha sido decisiva dentro de la variación de la producción diaria de Soyapullo de 300 ha 450 Tn/día.

## CAPITULO IX

### 9. RECOMENDACIONES

1. Implementar el uso de la Iremita 82, con el fanel rojo para seguir disminuyendo costos.
2. Los taladros cargados en IR no pueden ir muy cercanos entre si ya que puede insensibilizarse.
3. Al seguir con método corte quemado se recomienda hacer el hueco del taladro sin carga el triple del diámetro de los taladros cargados; siempre es recomendable que el hueco de alivio sea mayor que los tal cargados.

En nuestro caso la abertura de corte inicial deja tacos por la razón que el hueco de alivio es de igual diámetro de los taladros cargados.

4. Se recomienda cuando se carga con la emulsión encartuchada no retacar como si fuera dinamita, ya que el hacer esto causaría incremento en la densidad de carga pasando los límites permisibles para este explosivo, el cual puede tener la reacción de choque dentro del taladro y no lograr detonar toda la columna completa (este efecto es conocido como hipercompresión ó Dead Pressune) y la Iremita es mas susceptible a este fenómeno.
5. En la lucha diaria, cuando deben alcanzarse unos objetivos de producción, suele ser demasiado fácil tener la mente ocupada con los problemas del día y perder de vista las tendencias a largo plazo.

Por ello en ciertos momentos es rentable hacer un alto en el camino para examinar los criterios de trabajo y reconsiderar las directrices por las que se rige la explotación y no necesariamente cuando la mina pierde dinero.



6. Para el uso de la emulsión en minería subterránea es necesario un sistema de ventilación o de cuadro para las diferentes labores, con las cantidades requeridas de aire con las velocidades correspondientes y el balance de aire de mina.

- La ventilación cuya base legal DS023-92 EM; que tiene como objetivo principal, que en todas las labores subterráneas, se debe mantener una circulación de aire limpio y fresco, de acuerdo al número de personas y las operaciones que se realice.
- En Saryapullo el aire necesario por hombre es de  $4.2 \text{ m}^3/\text{min}$  ya que se encuentra a 2600 m.s.n.m.
- La velocidad de aire en las labores de preparación y desarrollo será min.  $15 \text{ m}^3/\text{min}$  y el máximo de  $250 \text{ m}^3/\text{min}$ .
- Y como la ventilación natural no es suficiente para cumplir con las exigencias del caudal y velocidad es necesario incrementar la ventilación mecánica.

## CAPITULO X

### 10. BIBLIOGRAFÍA

- Modelización Matemática de la voladura de rocas.  
Dr. Carlos Agreda - Lima - Perú - 1993
  
- Tecnología de los Explosivos  
Dr. Carlos Agreda
  
- Teoría Voladura de Rocas  
Dr. Carlos Agreda
  
- Excavaciones Subterráneas  
Hock & Brown
  
- Boletín Técnico Voladura  
Exsa
  
- Manual para uso de explosivos  
Dupont
  
- Técnica sueca de voladuras "Suecia SPI-1997  
Gunstafsson Rune
  
- Manual Explosivos - Ireco - Dyno  
Explosives Group
  
- Nueva Técnica de Voladura  
Ulf Langerfors
  
- Tecnología de los Explosivos