

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



**APLICACION DE METODOS PARA EL
DISEÑO DE MALLA DE PERFORACION:
CASO MINERA YANACOCHA S.A.
MINAS CARACHUCO Y SAN JOSE - CAJAMARCA - PERU**

INFORME DE INGENIERIA

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

ANGEL ELY CASTAÑEDA CASTAÑEDA

LIMA - PERU

1996

INDICE

	Pag.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I	3
ASPECTOS GENERALES	
1.1 .- Ubicación	
1.2 .- Operaciones	
1.3 .- Medio Ambiente	
CAPITULO II	7
GEOLOGIA	
2.0 .- Marco Geológico Regional	
2.1 .- Geomorfología	
2.2.1 .- Fm. Volcánicos Llama	
2.2.2 .- Fm. Volcánicos Porculla	
2.2.3 .- Fm. Lacustre Yanacocha	
2.2.4 .- Volcánicos Huambos	

2.2.5 .- Volcánicos Rumihuachac

2.2.6 .- Rocas Intrusivas

2.2.7 .- Depósitos Cuaternarios

2.3 .- Rasgos Tectónicos

2.4 .- Alteración y Mineralización

2.5 .- Ensamblajes de Alteración y Mineralización Asociada

2.5.1 Alteración Sílice

2.5.2 Alteración Poroso

2.5.3 Alteración Argílico

Avanzado

2.5.4 Alteración Argílica

2.5.5 Alteración Propilítica

2.6 .- Principales Núcleos Mineralizados

2.6.1 Area Carachugo

2.6.2 Area Maqui Maqui

2.6.3 Area San José

CAPITULO III

17

PERFORACION Y VOLADURA

3.0 .- Perforación

3.1 .- Voladura

3.1.1 Explosivo AN / FO

3.1.2 Explosivo AN / FO PESADO

CAPITULO IV

29

DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACION

4.1 .- Introducción

4.1.1 Variables Controlables

4.1.2 Tiempos

4.1.3 Resultados

4.2 .- Definiciones Básicas

4.2.1 Burden

4.2.2 Espaciamiento

4.2.3 Taco

4.2.4 Sobre Perforación

4.3 .- Parámetros para el Diseño de

Voladuras

4.3.1 R.L.Ash

4.3.2 Métodos para el cálculo de los parámetros de la

Malla de Perforación

4.3.2.1 R.L.Ash

4.3.2.2 Energías Relativas

4.3.2.3 Lopez Jimeno

4.3.2.4 Pearse

4.3.2.5 Walter y Konya

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 72

BIBLIOGRAFIA

DEDICATORIA

Al apoyo de siempre de mis queridos Abuelos, Padres,
Esposa e Hijo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la compañía **MINERA YANACocha S.A.** por haberme dado la oportunidad de presentar el trabajo titulado

**"APLICACION DE METODOS PARA EL DISEÑO DE MALLA DE
PERFORACION EN LAS MINAS CARACHUGO Y SAN JOSE"**

Trabajó con el cual podré obtener el grado académico de Ingeniero de Minas, de igual manera a los trabajadores y colegas quienes me brindaron todo el apoyo necesario para que este trabajo sea un pequeño aporte a estudiantes y personas interesadas en el mundo de la minería.

INTRODUCCION

La Perforación y Voladura ,desde el punto de vista técnico y económico es la columna vertebral de casi todas las opercaiones que se relacionan con las rocas,por lo que influye en los radios de producción del equipo de carguío,transporte y chancado;que dependen del material disparado,por lo tanto es indispensable aplicar un sistema de voladura que proporcione las máximas ventajas de producción y bajos costos.

Los factores que intervienen en el proceso de fragmentación son:

- Parámetros de Explosivos
- Parámetros de Rocas
- Geometria del Disparo.

En los parámetros de los explosivos es importante conocer su energía química ,su contenido de calor y la cantidad de trabajo mecánico que puede ser obtenido de los productos gaseosos,su velocidad y presión de detonación.

La geometría del disparo está basado en la inter relación entre el explosivo , la roca y el diámetro del taladro.

La roca es una de las variables fundamentales que tiene una influencia determinante en los resultados de un disparo.

Se debe conocer las propiedades Físico Mecánicas y Elásticas de la masa rocosa.

En Minera Yanacocha, caso de la Mina Carachugo y San José se tiene tres tipos de rocas para las cuales utilizaremos los siguientes métodos para el diseño de la malla de perforación

- METODO DE ASH
- METODO DE ENERGIAS RELATIVAS
- METODO DE PEARSE
- METODO DE LOPES JIMENO
- METODO DE WALTER Y KONYA

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 .- UBICACION Y ACCESIBILIDAD

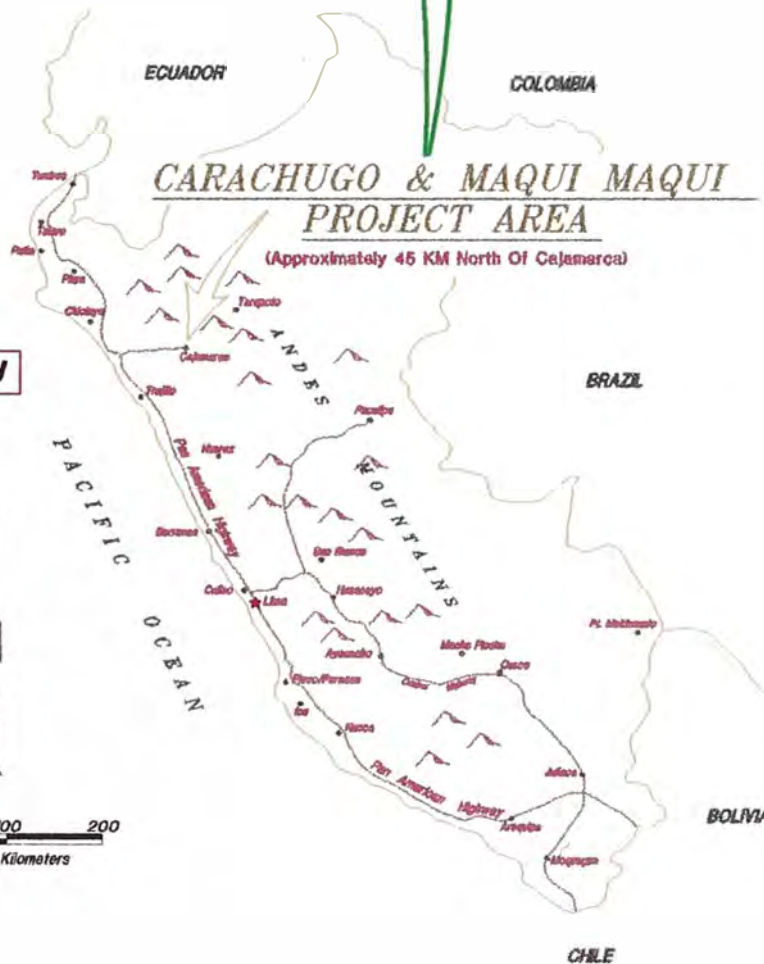
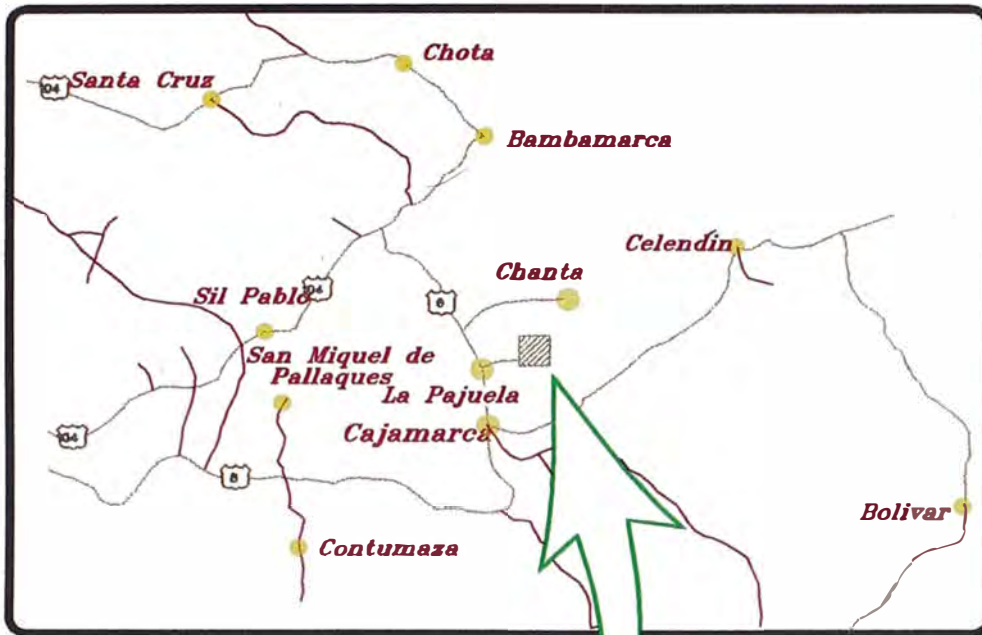
El centro de operaciones de **Minera Yanacocha S.A.** se encuentra ubicado en el Norte del Perú a unos 600 Km de Lima, en el departamento de Cajamarca y a sólo 20 Km al Norte de la ciudad de Cajamarca. Sus coordenadas son 6° 58' Latitud Sur y 78° 30' Longitud Oeste. Debe su nombre a la laguna y al cerro del mismo nombre, Newmont Gold Ltda. inició sus labores en 1985.

Su topografía está caracterizada por superficies suaves y onduladas, sobre las cuales sobresalen algunas elevaciones abruptas que conforma las principales elevaciones de la zona, entre ellos Cerro San José, Carachugo, Yanacocha y Maqui Maqui cuyas cotas oscilan entre [4,175 a 4,200] metros sobre el nivel del mar.

El clima es frío, húmedo y hay fuertes vientos ,típico de los Andes Peruanos.

El acceso a la mina se realiza por una vía afirmada de 45 Km, desde la ciudad de Cajamarca.

Minera Yanacocha está formada por Newmont Second Capital (EEUU) con el 51%, Compañía Minera Buenaventura(Perú) 43% y el Banco Mundial 5 %.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		
TRABAJO PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:	TEMA:	
INGENIERO DE MINAS	METODOS PARA DISEÑO DE MALLAS DE PERFORACION-MINA CARACHUGO Y SAN JOSE	
EJECUCION:	FECHA:	ESCALA:
ANGEL ELY CASTAÑEDA CASTAÑEDA	AGOSTO, 1998	

1.2 OPERACIONES

La explotación de los yacimientos Carachugo y Maqui Maqui que conforman el distrito Minero Yanacocha, se realiza por el método de Cielo Abierto y el mineral se almacena en enormes pilas para su Lixiviación. El mineral tiene la ventaja de ser muy poroso y puede ser humedecido cualquiera que sea su tamaño, por lo tanto no se necesita ser chancado ni molido.

Los parámetros de minado en el tajo son los siguientes:

Altura de banco 6 metros

Angulo de talud 45 a 50 grados

Ancho de acceso principal 20 a 25 metros

Gradientes máximas de 10%

Bermas de 4.5 mts. (Cada doble banco)

El acarreo del material roto se realiza con camiones Dresser de 85 Ton., cargadores Cat. 992D de 10 m³ de capacidad de cuchara y camión mezclador de AN /FO.

El equipo auxili está conformado por :

Motoniveladoras, Camiones Cisterna de agua, tractor sobre llantas Cat. 842C, y tractores sobre orugas Cat. D-6, D-8, D-9

1.3 MEDIO AMBIENTE

Desde sus inicios Minera Yanacocha ha operado y continúa operando en sus instalaciones cuidando el Medio Ambiente basándose en dos principios fundamentales

- a) Cumplir con todas las leyes y reglamentaciones ambientales del país.

- b) Motivar e involucrar a todos los empleados en el compromiso de cumplir con las normas ambientales.

CAPITULO II

GEOLOGIA

2.0 .- MARCO GEOLOGICO REGIONAL

2.1.- GEOMORFOLOGIA .-

Las principales unidades geomorfológicas han sido diseñadas por los procesos de erosión, levantamiento y fallamiento de la Tectónica Andina (Mioceno-Plioceno), por el Volcanismo Cenozoico y por la glaciación cuaternaria.

Las quebradas que bordean las altiplanicies de Yanacocha forman un drenaje juvenil reticulado con cañones abruptos y tributarios principales en la dirección NNW y secundarios en la dirección NE-SW, los cuales aportan sus aguas tanto a las cuencas Pacífica como Atlántica.








2.2 .- LITOESTRATIGRAFIA.-

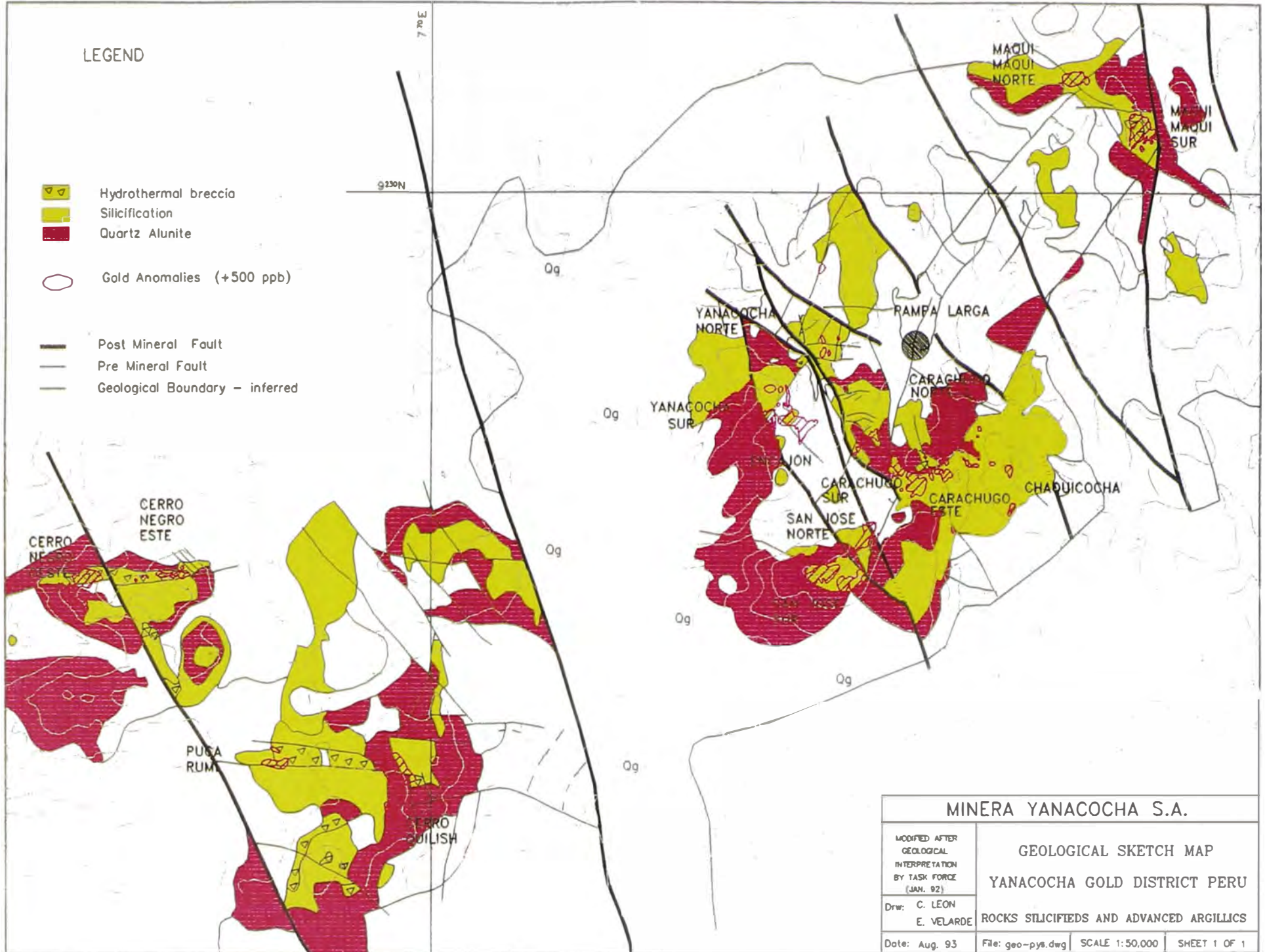
En la región predominan los afloramientos de rocas volcánicas del Terciario, el substracto mesozoico sobre el que se han depositado estas formaciones son esencialmente del tipo lástico del Cretáceo inferior (Grupo Goyllarisquizga). Las formaciones carbonatadas del cretáceo superior han sido intensamente erosionadas, ellas afloran solo en el extremo Este del distrito en las proximidades de Maqui Maqui.

Las unidades litológicas del Cenozoico que afloran en el distrito son

2.2.1 .- Fm. Volcánicos Llama.- Es la unidad volcánica más antigua del Terciario, conformada por el Tufus de caída con abundante componentes

LEGEND

-  Hydrothermal breccia
-  Silicification
-  Quartz Alunite
-  Gold Anomalies (+500 ppb)
-  Post Mineral Fault
-  Pre Mineral Fault
-  Geological Boundary - inferred



MINERA YANACOCCHA S.A.			
MODIFIED AFTER GEOLOGICAL INTERPRETATION BY TASK FORCE (JAN. 92)		GEOLOGICAL SKETCH MAP YANACOCCHA GOLD DISTRICT PERU	
Draw: C. LEON E. VELARDE		ROCKS SILICIFIEDS AND ADVANCED ARGILLICS	
Date: Aug. 93	File: geo-pys.dwg	SCALE 1:50,000	SHEET 1 OF 1

cineríticos y lapillis, muestra un leve plegamiento Terciario Inferior (Paleoceno).

2.2.2 .- Fm. Volcánicos Porculla.- Aflora en Yanacocha y al Norte de San Miguel de Pallaques, representa un vulcanismo de alta energía, rico en su facie gaseosa y líquida, con intensa actividad hidrotermal.

2.2.3 .- Fm. Lacustre Yanacocha.- Conformado por un conglomerado basal de 10 m. seguido por areniscas y limonitas, con intercalaciones carbonosas y niveles de caolín.

Representa una época tectónica poco activa se le asigna una edad Miocénica.

2.2.4 .- Volcánicos Huambos.- Son depósitos piroclásticos subhorizontales de distribución regional en bancos potentes de hasta 10 a 15 m. rellenan los relieves bajos y sobreyacen directamente sobre los volcánicos Porculla, hacia el Este se le encuentra sobreyaciendo a los volcánicos Llama. A esta unidad que representa la última fase importante de vulcanismo Cenozoico en Cajamarca se le asigna una edad Terciario Superior.

2.2.5 .- Volcánicos Rumihuachac.- Se denomina así a una secuencia de lavas Andesíticas Basálticas, son flujos de distribución local.

2.2.6 .- Rocas Intrusivas .- En el distrito afloran pequeños cuerpos de composición diorítica a intermedia, se emplazan intruyendo los volcánicos Porculla alterados, se les asigna una edad Miocénica .

2.2.7 .- Depósitos Cuaternarios.- Son particularmente importantes los

depósitos morrénicos que se han formado al Nor Oeste de Yanacocha, con abundantes bloques de Cuarzitas y el "Glacís" de la pampa de la Pajuela que rellenan la quebrada anterior NNW-SSE.

2.3 .- RASGOS TECTONICOS REGIONALES .-

Debemos menciona tres factores importantes:

- La ubicación del yacimiento en el flanco norte (zona distensiva) de la deflexión de Cajamarca. Asociada a la Tectónica de Placas.
- Un fallamiento transcurrente sinextral regional de rumbo Nor Este
- Un fallamiento normal de rumbo NNW y ENE, los cuales parecen definir una zona de transtensión, relacionada al fallamiento transcurrente NE. Estas fallas definen muchos de los rasgos morfológicos regionales y locales actuales.

2.4 .- ALTERACION Y MINERALIZACION.-

La alteración hidrotermal que se registra en el distrito es de una magnitud tal que la alterado la totalidad de las rocas del Terciario Inferior, en un área de de 17 Km por 5 Km la alteración de estas rocas se ha manifestado en forma continua durante todo el periodo del vulcanismo y tiene un marcado control estructural.

Controles estructurales .-

NE-SW Controla la geometría de la alteración distrital, con alineamiento de los centros volcánicos. Son estructuras de

carácter distensivo.

NNW-SSE Corresponden los cuerpos silíceos masivos elongados de Chaupicocha y Carachugo oeste.

E-W Corresponden a una tectónica compresiva E-W que actuó posterior a las antes citadas, permitió la formación de brechas hidrotermales silíceas, fracturas rellenas con sílice e intenso fracturamiento incrementando la permeabilidad secundaria.

2.5 - ENSAMBLES DE ALTERACION Y MINERALIZACION ASOCIADA.-

LOS PRINCIPALES ENSAMBLES DE ALTERACION SON

2.5.1 .- Alteración Silícea.- Rocas de textura granular compacta la alteración a obliterado las texturas originales de la roca, su contenido de Oro es variado y pueden llegar a 4 gr/ton. en otros casos pueden ser estériles. La oxidación no progresa en estas rocas y se restringe a las zonas de fractura y a las brechas.

2.5.2 .- Silíceo Poroso.- La silicificación es menos intensa, afecta esencialmente a la matriz de la roca, los poros conservan la forma de los

feldespatos o fragmentos líticos lixiviados, su contenido de Oro puede llegar a 2 gr/ton.

2.5.3 .- Alteración Argílico Avanzada.-

Cuarzo-Alunita-Caolín

Cuarzo-Caolín-Sericita

La alteración es selectiva, mientras la matriz muestra silicificación, los fenos o piroclastos están alunitizados o caolinizados.

2.5.4 .- Alteración Argílica.-

El ensamble argílico es complejo, se ha podido reconocer pirofilita, montmorillonita, illitas y dickita.

La roca tiene una coloración grisácea, contiene pirita. En general se le considera una zona estéril.

2.5.5 .- Alteración Propilítica.- La matriz se encuentra dominada por los ensambles de cloritas, carbonatos y pirita diseminada. También se le considera estéril.

2.6 .- PRINCIPALES NUCLEOS MINERALIZADOS

2.6.1 .- AREA CARACHUGO

Representa un complejo mineralizado del tipo "Acido Sulfato", que involucra un área de dos kilómetros cuadrados de alteración. Esta área incluye una cúpula silícea que forma la cumbre del cerro Carachugo, una área lixiviada de 400 por 500 metros, un área de silicificación intensa de

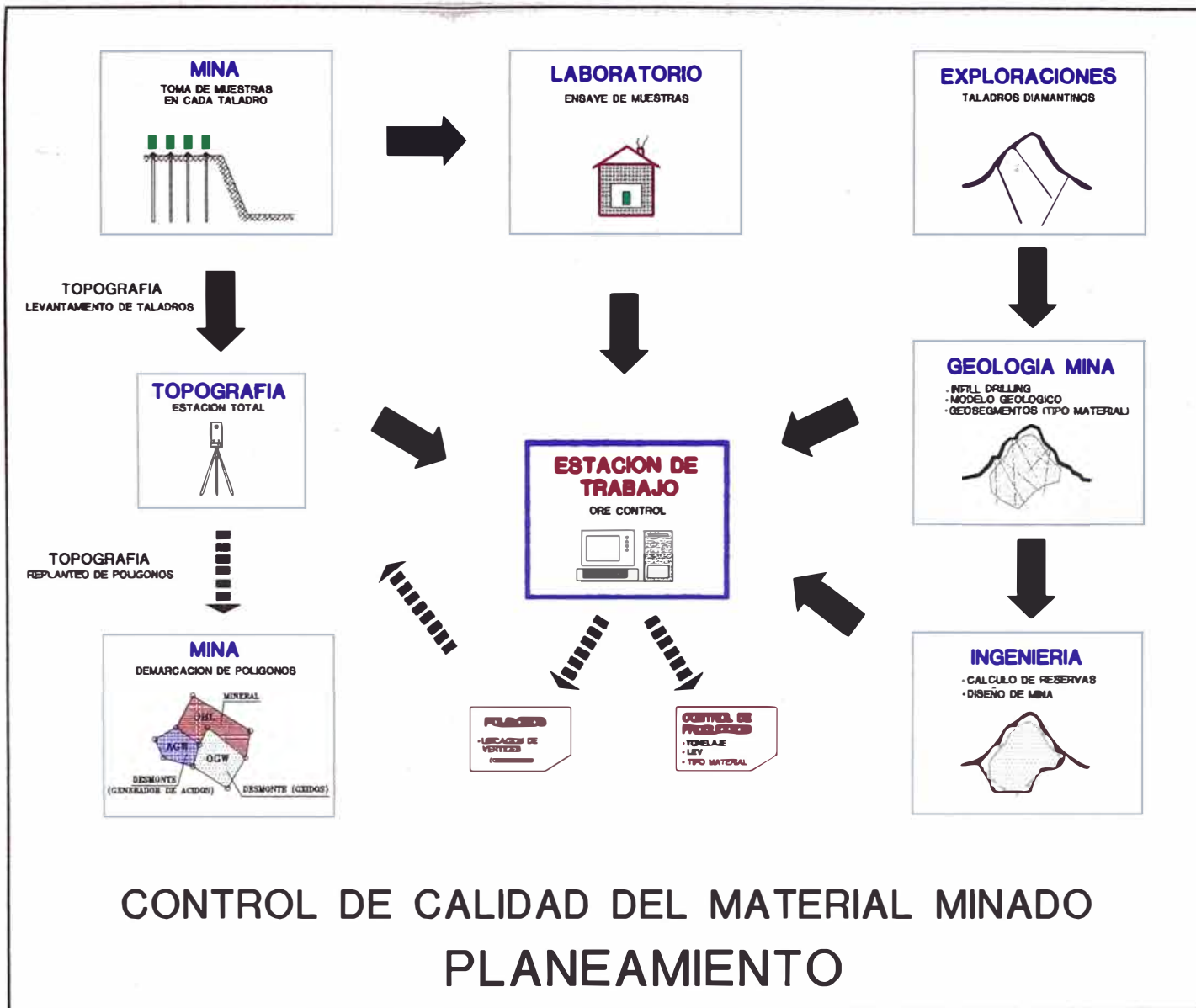
1000 por 400 metros, brechas hidrotermales de rumbo NE, un cuerpo silicificado masivo mineralizado, con brechamiento de alunita de rumbo NE, una alteración de argílico avanzada, una brecha de cuarzo alunita E-W estéril y un campo geotermal fósil presumiblemente posmineralización.

2.6.2 .- MAQUI MAQUI

Es un depósito epitermal mixto, conformado por mineralización diseminada en rocas silicificadas, canales de brechas hidrotermales y una zona de brechamiento masivo. denominada brecha central. Esta última se constituye como el centro principal de mineralización en el área, su génesis está relacionada a eventos de explosión hidromagmática.

2.6.3 .- SAN JOSE

Representa un campo geotermal fósil, se encuentran terrazas silíceas y conos silíceos restos de presumibles geisers fósiles, la sílice es mayormente ópalo y en menor proporción calcedonia y cuarzo, presenta estructuras de sedimentación tipo laminación paralela, con texturas coloformes, fragmentos líticos y bombas englobadas.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

TRABAJO PARA OPTAR EL GRADO
ACADEMICO DE:

INGENIERO DE MINAS

TEMA:

METODOS PARA DISEÑO DE MALLAS
DE PERFORACION-MINA CARACHUGO
Y SAN JOSE

EJECUCION:

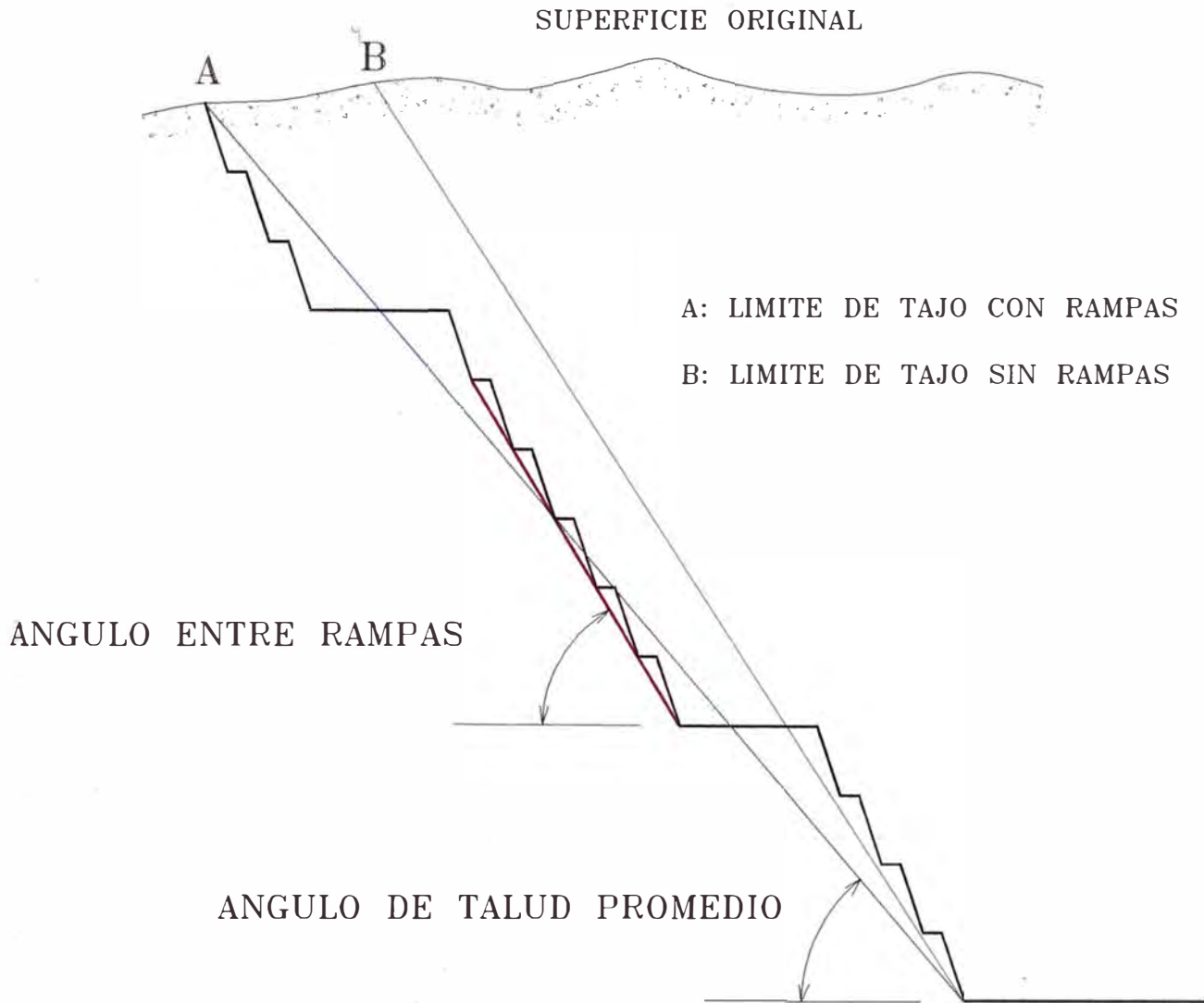
ANGEL ELY CASTANEDA CASTANEDA

FECHA:

AGOSTO, 1998

ESCALA:

ANGULO DE TALUD



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

TRABAJO PARA OPTAR EL GRADO
ACADEMICO DE:

INGENIERO DE MINAS

TEMA:

METODOS PARA DISENO DE MALLAS
DE PERFORACION-MINA CARACHUGO
Y SAN JOSE

EJECUCION:

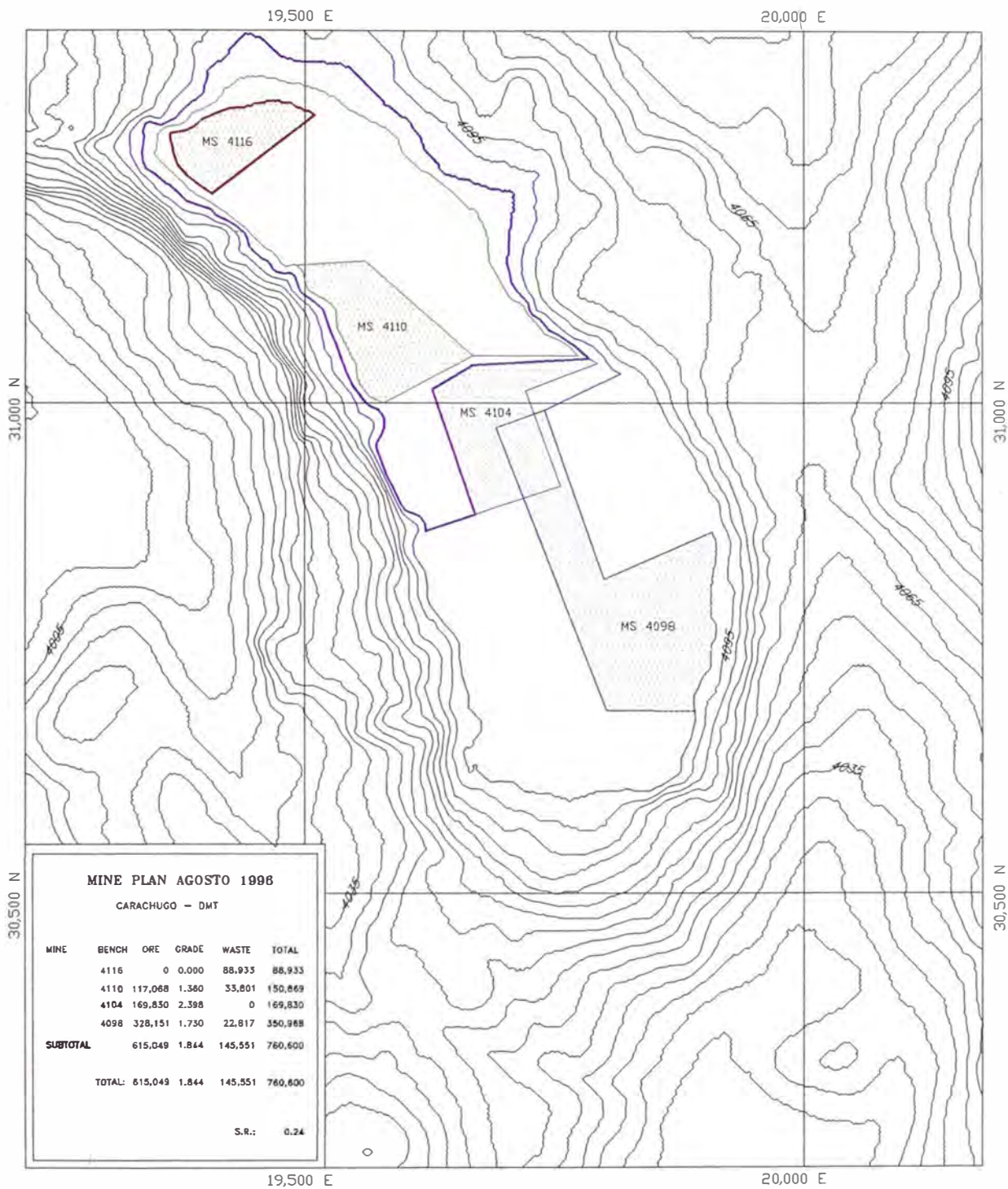
ANGEL ELY CASTANEDA CASTANEDA

FECHA:

AGOSTO, 1996

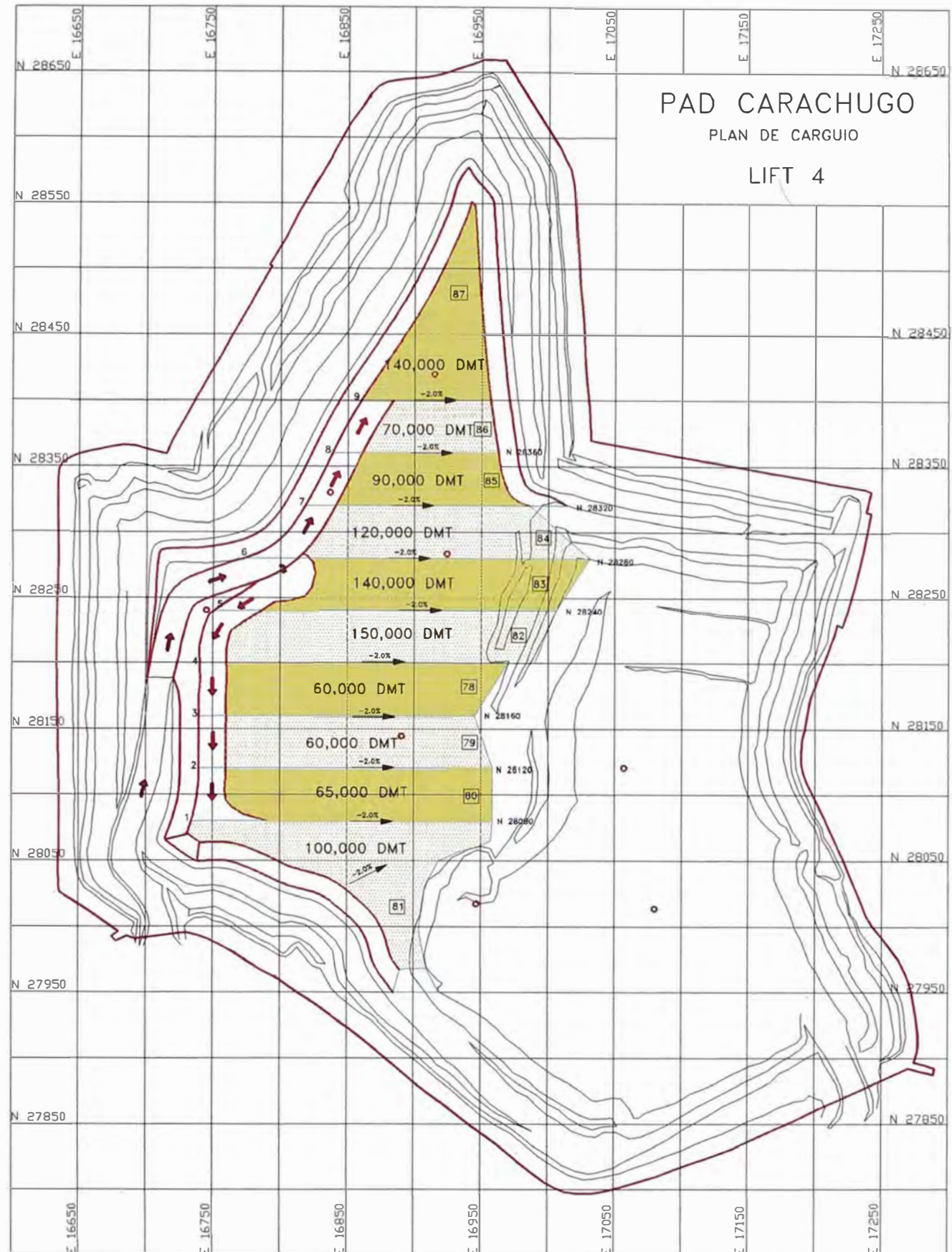
ESCALA:

PLAN DE MINADO – AGOSTO 1996



MINE PLAN AGOSTO 1996					
CARACHUGO – DMT					
MINE	BENCH	ORE	GRADE	WASTE	TOTAL
4116	0	0.000		88,935	88,935
4110	117,068	1.360		33,801	150,869
4104	169,830	2.398		0	169,830
4098	328,151	1.730		22,817	350,968
SUBTOTAL		615,049	1.844	145,551	760,600
TOTAL:		615,049	1.844	145,551	760,600
				S.R.:	0.24

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA		
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA		
TRABAJO PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:	TEMA:	
INGENIERO DE MINAS	METODOS PARA DISENO DE MALLAS DE PERFORACION-MINA CARACHUGO Y SAN JOSE	
EJECUCION:	FECHA:	ESCALA:
ANGEL ELY CASTANEDA CASTANEDA	AGOSTO, 1996	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

TRABAJO PARA OPTAR EL GRADO. TEMA:
ACADEMICO DE:

INGENIERO DE MINAS

METODOS PARA DISEÑO DE MALLAS
DE PERFORACION-MINA CARACHUGO
Y SAN JOSE

EJECUCION:
ANGEL ELY CASTANEDA CASTANEDA

FECHA:
AGOSTO, 1996

ESCALA:

CAPITULO III

PERFORACION Y VOLADURA

3.0 .- PERFORACION

La producción de taladros se realiza mediante perforadoras DRILL MASTER- INGERSOLL RAND modelo DM - 45-E, montada en orugas con propulsión independiente de 120 HP y acoplados a la estrella a través de una caja reductora de engranajes planetarios de dos etapas. Otras:

- Compresor de 1050 pies³/min.
- Dos bombas hidráulicas para la propulsión.
- Velocidad de movimiento 4.8 Km/h.
- Torre de tubo cuadrado reforzado y transversales de 2" con dos cilindros hidráulicos.
- Gatas de nivelación , dos en paralelo cerca a la barra de perforación y otra en la parte posterior.
- Colector de polvo .
- Barra de perforación de 30 pies de longitud sujeta al castillo.
- Brocas tricónicas con insertos o botones de carburo de tungsteno de 6 3/4" de diámetro.
- Estabilizador de aletas entre la barra y la broca.
- Tanques de agua y petróleo.

3.1 .- VOLADURA

Las consideraciones geológicas, el estado de cada tipo de roca a volar además del explosivo a usar determinan realmente el resultado de una buena voladura, por ello es importante conocer el explosivo que se está usando.

Para el caso de Minera Yanacocha los explosivos que se utilizan son:

3.1.1 .- EXPLOSIVO AN / FO

Nitrato de Amonio

El nitrato de Amonio (NH_4NO_3) es un sal de color blanco cuya temperatura de fusión es 169.6°C . aisladamente no es un explosivo, pues solo adquiere esta propiedad cuando se mezcla con una cantidad de combustible y reacciona violentamente con el aportando oxígeno. Frente al aire que contiene el 21% de oxígeno, el NA posee el 60%.

El NA se produce por la reacción química entre el ácido nítrico y el amoníaco formando una disolución acuosa del 83% de nitrato de amonio, que al evaporarse el agua se concentra siendo después asperjada en una torre de prilado. Donde se forman los prills, que una vez secados y clasificados por su tamaño son recubiertos con un agente especial (antikating). En el proceso de producción del NA de baja densidad la disolución del 83% se concentra a un 95% y el restante 5% de humedad se evapora a través del proceso depriladon y secamiento este 5% de humedad es la disolución concentrada en la condición básica que permite

impartirle al NA características físicas que lo transforman en un excelente agente oxidante para ser usado como AN/FO y en mezclas explosivas.

Aunque el NA puede concentrarse en diversas formas, en la fabricación de explosivos se emplea aquel que se obtiene partículas esféricas o prills porosos, ya que es que posee mejores características para absorber y retener a los combustibles líquidos y es fácilmente manipulables sin que se produzcan apelmazamiento y adherencias.

La densidad del NA poroso o a granel es aproximadamente del 0.8g/cm^3 , mientras que la densidad de las partículas del NA no poroso se acercan a los cristales (1.72 g/cm^3), pero con microporosidad. El NA de mayor densidad no se emplea debido a que absorbe peor al combustible y por lo tanto reacciona más lentamente con él en el proceso de detonación.

Normalmente el NA utilizado tiene una microporosidad del 15% que asumada a la macroporosidad se eleva al 54%.

En cuanto al tamaño de partícula puede variar entre 1 y 3 mm.

El NA en estado sólido cuando se calienta de $32.1\text{ }^\circ\text{C}$., cambia de forma cristalina.

Ortorrombico Densidad del cristal = $1.72\text{ g/cm}^3 + 32.1\text{ }^\circ\text{C}$.

Ortorrombico Densidad del cristal = 1.66 g/cm^3 .

Esta transición es acompañada en un aumento de volumen del 3.6 % produciéndose seguidamente la rotura de los cristales en otros mas

pequeños. Cuando los cristales se enfrían y existen algo de humedad tienden a aglomerarse formando grandes terrones.

Repetidos ciclos de enfriamiento y calentamiento al rededor de 32.1 °C. de temperatura, provocan una completa destrucción de los cristales del NA. Sumando en efecto que producen los cambios de temperatura sobre las partículas del NA mas el efecto de la absorción de la humedad, origina una aglomeración de las partículas y el producto se apelmaza, proceso este conocido como "CACKING". Para evitar el apelmazamiento se le adicionan agentes de recubrimiento orgánico, que permiten mantener la fluides del producto durante su uso.

La solubilidad del NA en el agua es grande y varia ampliamente con la temperatura:

A 10° C el 60.0% solubilidad.

A 20° C el 65.4% solubilidad.

A 30° C el 70.0% solubilidad.

A 40° C el 73.9% solubilidad.

De alli que el ANFO no se utilice en taladros humedos

La hidrosuposidad ,es también muy elevada pudiendo convertirce el líquido en presencia del aire con una humedad superior al 60%. La adición de sustancias inertes hidrofílicas como el caolín o las arcillas en polvo evitan que el NA absorban humedad aunque también disminuyan su densidad.

La temperatura ambiente juega un papel importante en el proceso de absorción de la humedad.

En ocasiones los prills del NA se protegen con sustancias hidrofugas que impiden su humedecimiento superficial.

El NA es completamente estable a temperatura ambiente, pero si se calienta por encima de los 200 °C. en un recipiente cerrado puede llegar a retonar. La presencia de compuestos orgánicos acelera la descomposición y baja la temperatura a la cual esta se produce así con un 0.1% de algodón del NA empieza a descomponerse a 160 °C.

El nitrato de amonio para AN/FO, deberá cumplir con los siguientes requisitos

Nitrógeno Total.

El producto tendrá un contenido mínimo de 34.5 de nitrógeno total, equivalente a 98.5% de nitrato de amonio.

La proporción de nitrógeno nítrico y de nitrógeno amoniacal será de 50% para cada uno.

Aditivos.

El producto estará recubierto por un agente aglomerante, la cantidad y naturaleza de los aditivos no serán mayores del 1.2 %

Humedad

El producto envasado contendrá un máximo de 0.30% de humedad en masa.

Densidad Aparente

El producto presentado en gránulos esféricos (prills), tiene la siguiente densidad aparente sin compactar:

Alta densidad > 0.775

Baja densidad > 0.775

Tamaño de la Partícula

La granulometría del NA será la siguiente

Retenido sobre un tamiz ITINTEC 3.36 mm (No 6) 0%

No retenido sobre un INTINTEC 0.50 mm (No35) max. 1.0%.

Absorción del petróleo.

El producto deberá tener una capacidad de absorción

suficiente, como para retener un mínimo de 6% en masa de petróleo diesel No. 2 .

Retención del petróleo.

El producto después de haberse mezclado con un 6% de petróleo diesel No. 2 y mantenido en una probeta de un litro durante siete días, la parte superior de la muestra no deberá tener menos de 5.5 % de petróleo diesel y la parte inferior no más de 6.5 % .

A N F O .

En 1947 tuvo lugar una desastrosa explosión de NA en la ciudad de TEXAS (Estados Unidos), ya que esa sustancia se había intentado proteger con parafinas, y solo un 1% de esta ya constituida un buen

combustible sencibilizante del NA.

A parte de la propia catastrofe, este hecho hizo centrar la atención de los fabricantes de explosivos en el potencial energético del NA de sus posibilidades como explosivo dado su bajo precio.

Cualquier sustancia combustible puede usarse con el NA para producir un agente explosivo .En Estados Unidos a final de los años 50 se empleaba polvo de carbón pero finalmente fue destituido por combustible líquido ya que se conseguían mezclas mas intimas y homogéneas con el NA. El combustible que más se utiliza es el fuel-oil f2, que frente a otros líquidos como la gasolina, el kerosene , etc. presentan la ventaja de no tener un punto de volatilidad tan bajo y por consiguiente, menor riesgo de explosiones de vapor.

Los aceites usados se han aprovechado también como combustible, pero tienen los inconvenientes de reducir la sensibilidad a la inicialización y propagación, la velocidad de la detonación y el rendimiento energético. Debido a sus altas viscosidades tienden a permanecer en la superficie de sus gránulos de NA ocupando los macroporos. Actualmente, no esta justificado desde un punto de vista económico la sustitución parcial o total del fuel-oil por aceites usados debido a los inconvenientes que entrañan estos productos. El contenido de combustible juega un papel importantísimo sobre las diferentes propiedades del AN/FO. La reacción de descomposición del sistema balanceado el oxígeno es:



Produciendo unas 920 kcal/kg , que puede ser inferior en los productos comerciales según el contenido en materias inertes y un volumen de gases de 970 litros la mezcla estequiométrica corresponde a un 94.3% de NA y un 5.7% de fuel-oil que equivalen a 3.7 litros de éste último por cada 50kg. de NA.

Se ve pues que no interesan ni porcentajes inferiores ni superiores el indicado si se pretende obtener el máximo rendimiento en las voladuras. En ocasiones como por ejemplo épocas de verano se suelen agregar más fuel-oil al ANFO , pues puede llegar a perderse por el calor hasta el 50% de combustible , con una merma importante en la eficiencia . El control de calidad del ANFO es sencillo pues consiste en la extracción del fuel-oil de una muestra por medio del éter y medida del peso de la misma antes y después del proceso.

También el contenido del combustible afecta a la cantidad de gases nocivos desprendidos en la explosión (CO + NO) . Cuando en las voladuras los humos producidos tienen color naranja, ello es un indicativo de porcentaje insuficiente de fuel-oil, o bien que el AN/FO a absorbido agua de los taladros o no se a iniciado correctamente.

La variación de sensibilidad con la cantidad de combustible también es acuosa pues con un 2 % de fuel-oil la iniciación puede conseguirse con un detonador aunque la energía disponible es muy baja y con una cantidad

superior al 7%, la sensibilidad inicial decrece notablemente.

Tal como se ha indicado anteriormente con el NA el agua es el principal enemigo del ANFO, pues absorbe una gran cantidad de calor para su vaporización y rebaja considerablemente la potencia del explosivo. En cargas de 76 mm. de diámetro una humedad superior al 10% produce la insensibilización del agente de voladura. En tales casos el único recurso del empleo consiste en envolver al AN/FO en recipientes o bainas impermeables al agua.

Las características técnicas del agente de voladura ANFO varían también con la densidad. Conforme ésta aumenta la velocidad de denotación se eleva pero también es más difícil conseguir la iniciación. Por encima de la densidad de 1.2 g/cm³ el AN/FO se vuelve inerte no pudiendo ser detonado o haciéndolo sólo en el área inmediata al iniciador. El tamaño de los prills de NA influye a su vez en la densidad del explosivo. Así, cuando el AN/FO se reduce a malla 100 su densidad a granel pasa a ser 0.6 g/cm³, lo que significa que si se quiere conseguir una densidad normal de entre 0.8 y 0.85 g/cm³ para alcanzar buenas características de detonación será preciso vibrarlo o compactarlo.

Por otro lado el diámetro del taladro es un parámetro de la voladura que incide en forma decisiva en la velocidad de la detonación del AN/FO. El diámetro crítico del AN/FO está influenciado por el confinamiento y la densidad de carga. Usado dentro de taladros en roca

con una densidad a granel de 0.8 g/cm³ el diámetro crítico es de unos 25 mm. mientras que con un 1.15 g/cm³ se eleva a 75 mm.

La sencibilidad de inicialización de ANFO disminuye conforme aumenta el diámetro en los taladros. En la práctica los boosters de 150 g. son efectivos en diámetros de carga inferiores a los 150 mm. y por encima de ese diámetro se recomiendan boosters de una libra.

Aunque el ANFO se emplea predominantemente como carga a granel, es importante saber que la energía por metro lineal de la columna disminuye con el desacoplamiento. Cuando el confinamiento de la carga no es adecuada la Velocidad de Detonación "VD" y la Presión de Detonación "PD" sobre las paredes del taladro disminuyen.

Para que el AN/FO sea bueno, el petróleo debe quedar uniformemente distribuido en todo el nitrato de amonio, pues en la reacción de oxidación (quemado) es de suma importancia el contacto entre el petróleo y el agente oxidante para iniciar con toda facilidad la reacción química.

3.1.2 .- **EXPLOSIVO EMULSION - AN/FO PESADO**

La última generación de explosivos ha sido introducida comercialmente durante estos últimos años esto incluye las emulsiones y la mezcla de EMULSION/ANFO (AN/FO pesado).

E M U L S I O N .

Las emulsiones consisten de una solución oxidante saturada en la cual es dispersada a través de una continua película de aceite. Son

estabilizados con un agente activo de superficie.

Desde que la fase continua es un aceite, estos tienen características naturales hidrofóbicas. Las emulsiones son muy parecidas a las grasas en consistencia.

Las mezclas explosivas emulsionadas normales han sido diluidas en agua como en el caso de los slurries para incrementar la energía química, el aluminio puede ser añadido.

A N F O S P E S A D O S .

Por otro lado los anfos pesados consisten en una serie de mezclas de emulsión y anfo para proveer productos de diferentes densidades y potencias por volumen. La adición del AN/FO no solamente disminuye la resistencia del agua, en la mezcla también el costo por unidad de energía en los anfos pesados. La variación del porcentaje de emulsión determina la resistencia al agua

0.03 % resistencia media a muy limitada a resistencias muy bajas infiltraciones.

30 - 50 % puede tener muchas horas en medio muy húmedo o mojado.

> 50 % excelente resistencia comparable a una EMULSION pura.

No solamente son mejoradas las dos desventajas del ANFO.

(su resistente al agua y baja densidad) con los ANFOS PESADOS, sino que los operadores tienen la oportunidad de obtener un

producto con diferentes potencias como sean necesario y variar el programa de perforación.

La adición de la emulsion es mostrado en el siguiente cuadro

AN / FO	AN / FO + EMULSION
Velocidad de	Velocidad de
Detonación = 3900 m/s	Detonación = 4100 - 5500 m/s
Presión de	Presión de
Detonación = 31 Kbar	Detonación = 49 - 85 Kbar
Densidad = 0.82 gr/cc	Densidad = 1.15 - 1.35 gr/cc
Potencia Relativa	Potencia Relativa
por Volumen = 1.0	por Volumen = 1.20 - 1.55

La EMULSION es añadido al AN /FO y llena los intersticios entre los prills. La emulsión cubre completamente los prills proporcionándole resistencia al agua y también se incrementa la densidad y energía del explosivo.

Para nuestro caso se utiliza porcentualmente 70 % de AN/FO y 30% de EMULSION.

CAPITULO IV

DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACION

4.1 .- INTRODUCCION

El diseño de cualquier voladura debe abarcar los conceptos fundamentales en cuanto al diseño ideal, los cuales se pueden modificar si es que fuese necesario para responder a las condiciones geológicas locales.

Se diseña un plan paso por paso. Este tema considerará paso por paso un plan para el diseño de la voladura, habrán métodos para determinar si es que las variables de diseño están en los límites normalmente aceptables.

Durante el diseño de cualquier plan de voladura el Ingeniero tiene que seleccionar las variables correctas para encajar con las condiciones específicas del campo. Hay dos tipos de variables que son comúnmente discutidas en cuanto a la voladura. Aquellas variables son la geología y características de las rocas.

Estas variables requieren que el Ingeniero de voladura tome un diseño estándar y lo modifique para que encaje dentro de los confines del trabajo.

4.1.1 VARIABLES CONTROLABLES

Las variables que se pueden controlar son las siguientes:

- 1.- El diámetro del taladro
- 2.- La profundidad del taladro
- 3.- La profundidad de la Sobre Perforación

- 4.- La distancia de Stemming
- 5.- Materiales de Stemming
- 6.- Espaciamiento
- 7.- El número de taladros en la voladura
- 8.- La dirección del movimiento de las rocas

4.1.2 **TIEMPOS**

Junto con estas dimensiones físicas también se puede controlar el tiempo tales como :

- 1.- Tiempo para encajar en la geometría de la voladura
- 2.- Seleccionar un sistema de iniciación que producirá las secuencias correctas del tiempo
- 3.- Planear la dispersión de rocas
- 4.- Diseñar un patrón de control de la vibración en las estructuras protegidas
- 5.- Seleccionar el tiempo correcto para asegurar la máxima fragmentación
- 6.- Seleccionar el tiempo correcto para asegurar una mínima onda de voladura
- 7.- Seleccionar el tiempo correcto para el control de las paredes de respaldo
- 8.- Seleccionar el tiempo correcto para reducir el vuelo de rocas

4.1.3 .- **RESULTADOS**

Para poder obtener los resultados correctos es necesario considerar

- 1.- El uso de un sistema de iniciación seguro y confiable
- 2.- El tipo de explosivo
- 3.- La energía explosiva

MINERA YANACOCHA S.A.
MALLA DE PERFORACION
CS-3984

ALTURA DE BANCO: 6.0 m
MALLA DE PERFORACION: 6.0m x 6.0m
DIAMETRO DE TALADRO: 6.3/4"
LONGITUD DE TALADRO: 7.8 m

LINEA DE PRECORTE
ESPACIAMIENTO: 2.5 m

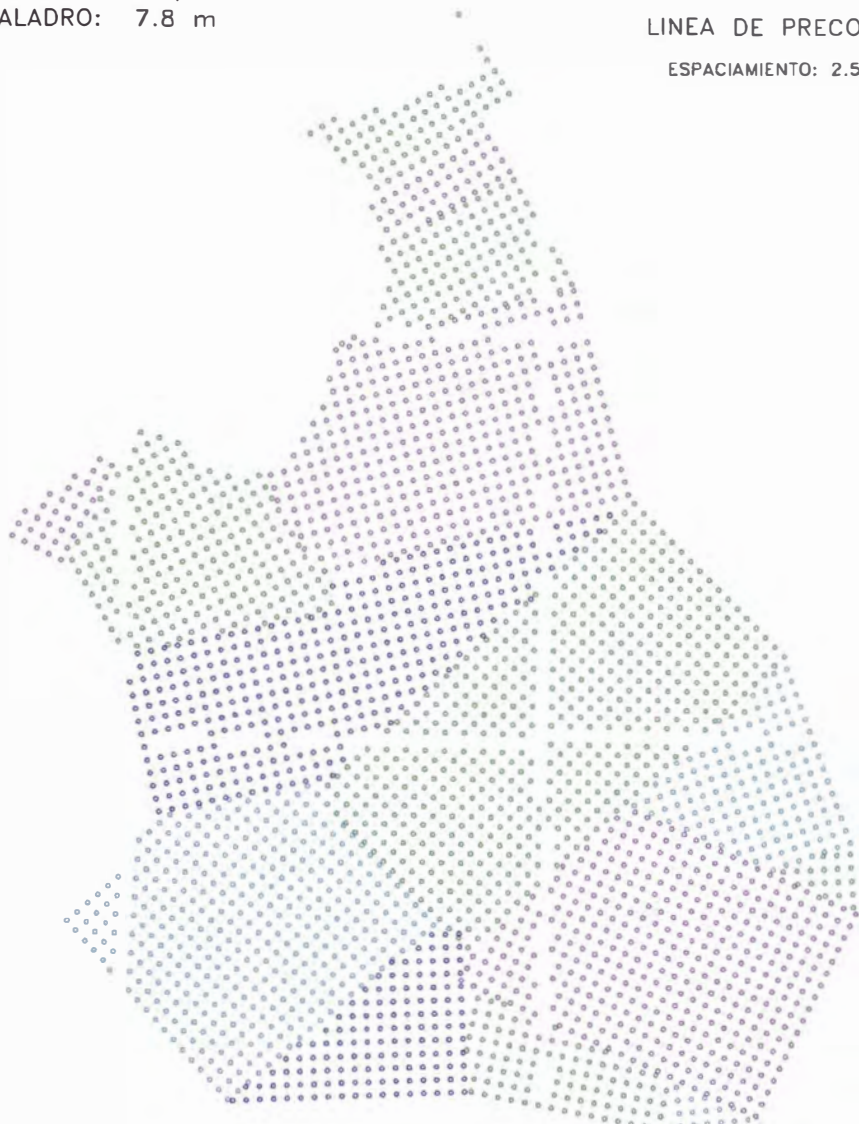
26,400 N

6,200 N

26,000 N

16,500 E

16,700 E



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

TRABAJO PARA OPTAR EL GRADO
ACADEMICO DE:

INGENIERO DE MINAS

TEMA:

METODOS PARA DISENO DE MALLAS
DE PERFORACION-MINA CARACHUGO
Y SAN JOSE

EJECUCION:

ANGEL ELY CASTANEDA CASTANEDA

FECHA:

AGOSTO, 1998

ESCALA:

MINERA YANACOCHA S.A.
MALLA DE PERFORACION
CS-3984

ALTURA DE BANCO: 6.0 m
MALLA DE PERFORACION: 5.50m x 5.50m
DIAMETRO DE TALADRO: 6.3/4"
LONGITUD DE TALADRO: 7.8 m

LINEA DE PRECORTE
ESPACIAMIENTO: 2.5 m

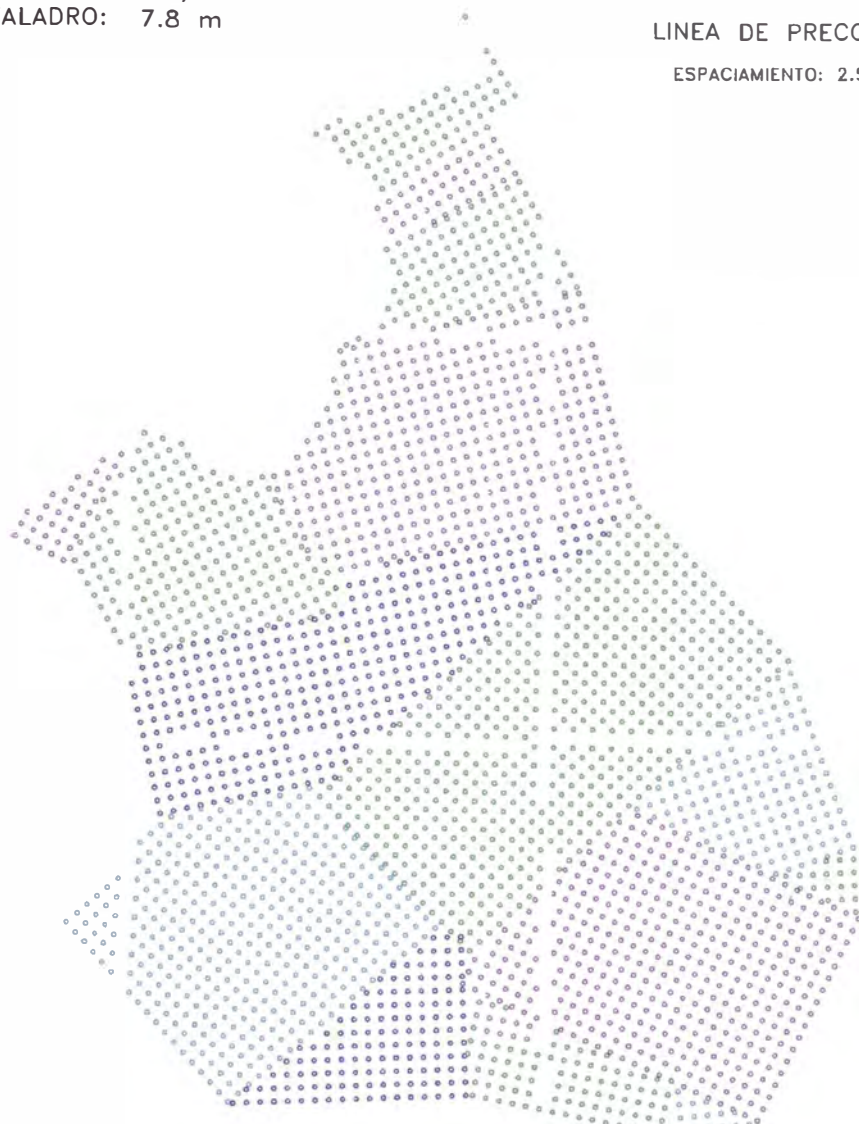
26,400 N

26,200 N

26,000 N

16,500 E

16,700 E



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

TRABAJO PARA OPTAR EL GRADO
ACADEMICO DE:

INGENIERO DE MINAS

TEMA:

METODOS PARA DISENO DE MALLAS
DE PERFORACION-MINA CARACHUGO
Y SAN JOSE

EJECUCION:

ANGEL ELY CASTANEDA CASTANEDA

FECHA:

AGOSTO, 1996

ESCALA:

4.- Los problemas del agua

Se trata de calcular específicamente los parámetros para una voladura , factores de carga y potencia,el costo por taladro y una comparación de Método por Método.

4.2 .- DEFINICIONES BASICAS

4.2.1 .- BURDEN (B):

Esta distancia está definida como la distancia más corta en el momento que se tiene que detonar la cara libre. La cara libre también se considera a una fila de taladros que hayan sido disparados.

La selección de un burden correcto es una de las más importantes para un diseño de voladura. Si el burden es demasiado pequeño los niveles de onda de voladura (Airblast) son altos y la fragmentación puede ser excesivamente fina. Si el burden es muy largo habrá problemas de toes, fragmentación etc. es decir se tendría el mismo porcentaje de error en ambos casos.

4.2.2 .- ESPACIAMIENTO (S):

- Esta distancia está definida a aquella que parte del Burden paralela a la cara libre , esta en función del buen cálculo del Burden ya que tienen un relación directamente proporcional.

4.2.3 .- STEMMING (TACO,RETACADO) (T):

Se refiere a la parte de encima del taladro que normalmente está relleno con materiales inertes, esto se hace para confinar a los gases de los explosivos. Un buen confinamiento hará que la carga de un alto explosivo funcione bien, también controla las ondas de voladura y la voladura aérea de las rocas.

El material comúnmente usado para stemming es lo que sale de las perforaciones , el material está a la mano. Sin embargo el material demasiado fino no será un buen stemming.

($T= 0.7 B$)

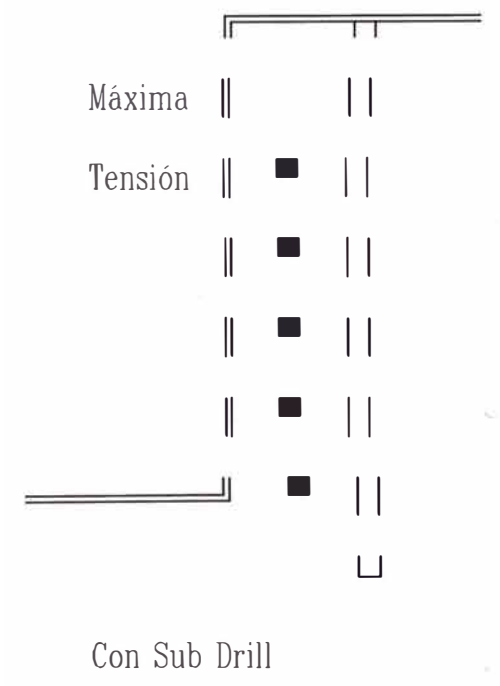
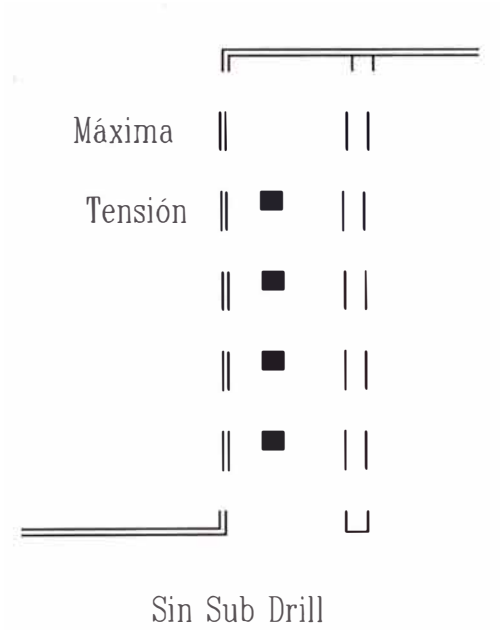
4.2.4 .- SOBRE PERFORACION (J):

Es un término que define la profundidad a la cual el taladro será perforado debajo de la altura de banco para asegurarse de que el rompimiento ocurra en la línea designada.

($J= 0.3 B$)

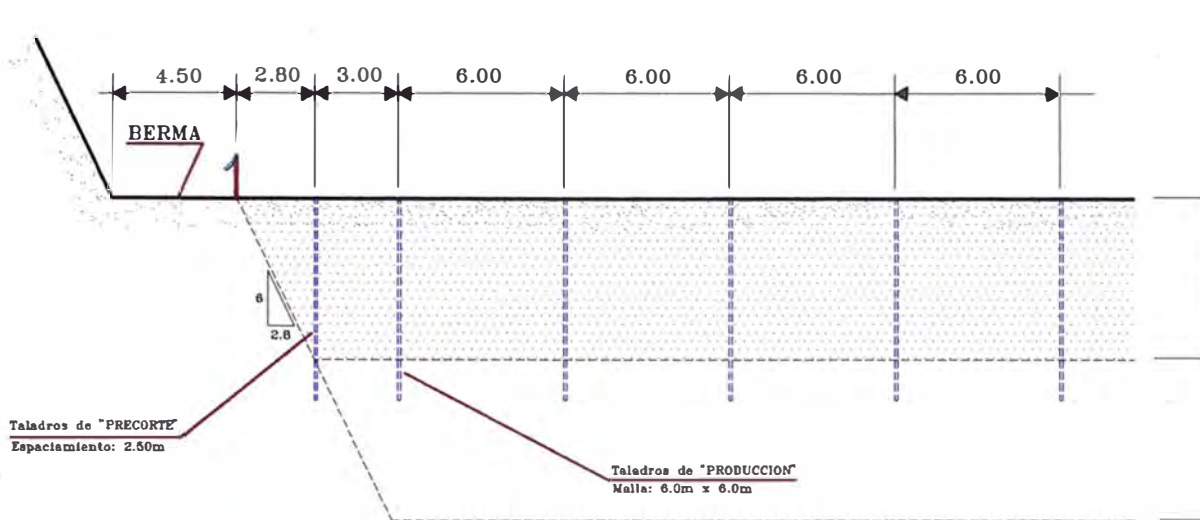
La sobre perforación no debe contener detritus, en caso de que se derrumben las paredes del taladro se tendrá necesariamente que reperforar para obtener la altura correcta y se tiene el caso contrario se tendrá que rellenar par elevar los taladros a la altura correcta.

La máxima tensión producida en el Burden dá como resultado de la sobre perforación está ilustrada en la siguiente figura, la zona marcada con líneas indica la máxima tensión.

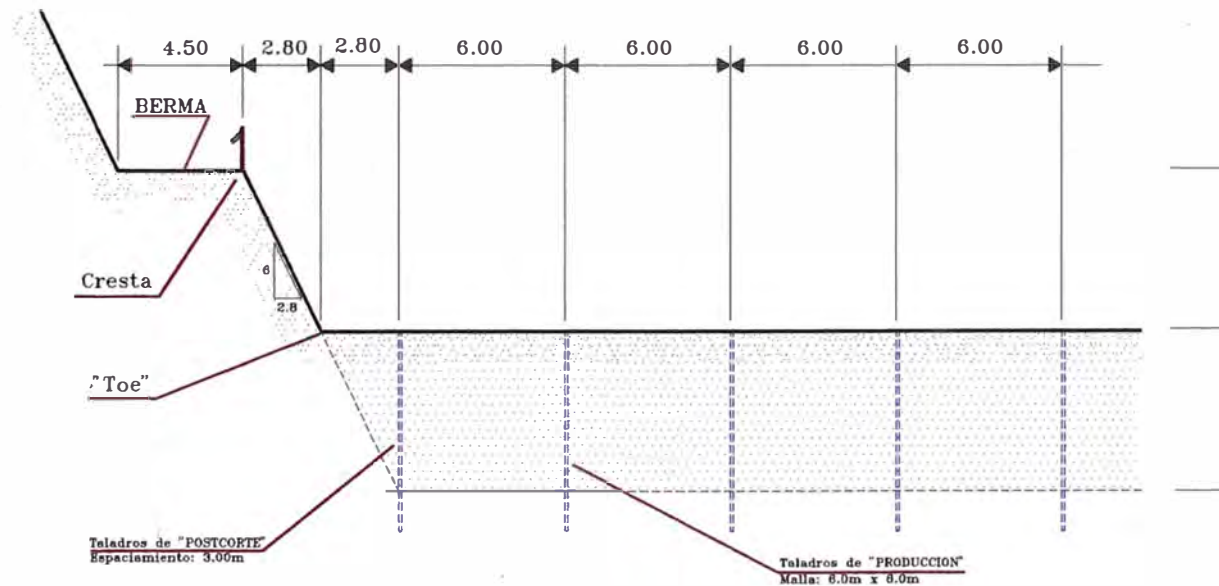


DISTRIBUCION DE TALADROS EN LIMITE DE TAJO MINA CARACHUGO

BANCO CON BERMA



BANCO SIN BERMA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

TRABAJO PARA OPTAR EL GRADO
ACADEMICO DE:

INGENIERO DE MINAS

TEMA:
METODOS PARA DISEÑO DE MALLAS
DE PERFORACION-MINA CARACHUGO
Y SAN JOSE

EJECUCION:
ANGEL ELY CASTANEDA CASTANEDA

FECHA:
AGOSTO, 1990

ESCALA:



4.3 .- PARAMETROS PARA EL DISEÑO DE VOLADURAS DE PRODUCCION

4.3.1 .- R.L.ASH

Ash (1963) publicó una ecuación para usar en voladuras superficiales, que combinó algunas de las variables a constantes ajustables, para realizar cálculos teóricos de Malla de Perforación , Factor de Carga y Factor de Potencia.

Existen cinco estándares básicos, sobre los cuales se evalúa la voladura siendo ellos radios o relaciones adimensionales, estos son los siguientes.

4.3.1.1 .- Radio de dimensión de carga (Kb).- Relación de la distancia de carga (Pies), diámetro del explosivo (Pulgadas) es la sgte.:

$$Kb= 12*(B / De)$$

Siendo esta la mas importante considerada como la distancia mas cercana medida desde una carga perpendicularmente a la cara libre y en la dirección de como será el desplazamiento del material al momento de la voladura.

Para estimar este valor debemos conocer las características de las rocas y explosivos a usar.

4.3.1.2 .- **Radio de la profundidad del taladro (Kh).**- Relación de la profundidad del taladro a la carga medidos en pies

$$Kh = H / B$$

Este valor varía de [1.5 a 4.0]

4.3.1.3 .- Radio de sobre perforación (Kj) .- Es la relación de sobre perforación a la carga medidos en pies

$$K_j = J / B$$

Es necesario perforar debajo de la cota de piso para tener mejor seguridad de evitar toes y voladuras secundarias posteriores.

Esta valor no debe ser menor de 0.2

4.3.1.4 .- Radio de retacado (Kt) .- Es la relación de la distancia del cuello a la carga ambos en pies :

$$K_t = T / B$$

Es el relleno que se utiliza luego de cargar el taladro y generalmente es el detritus de cada taladro.

Este valor varía de [0.70 a 1.30]

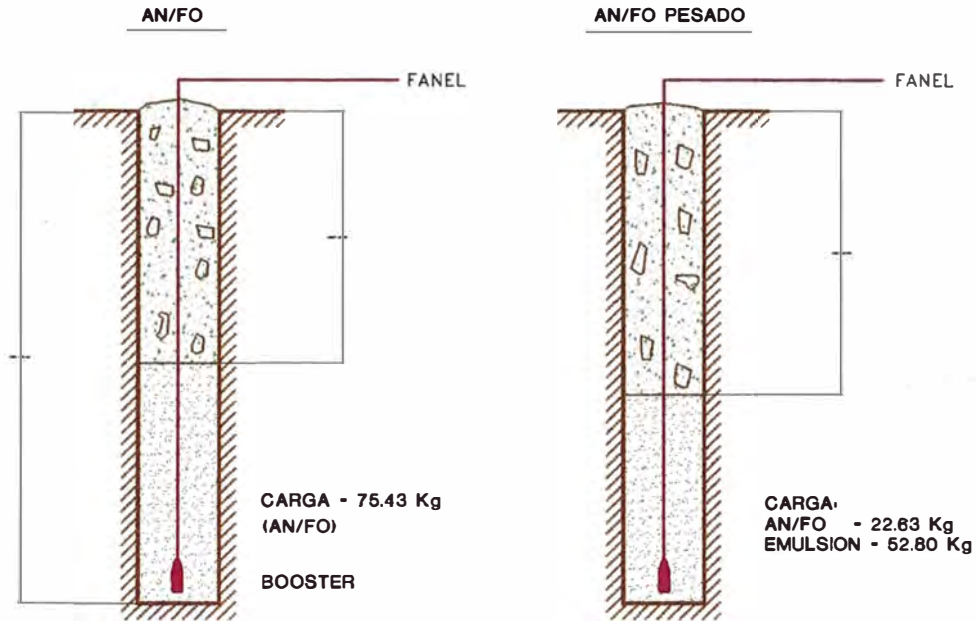
4.3.1.5 .- Radio de espaciamento (Ks) .- Es la relación del espaciamento a la carga ambos en pies :

$$K_s = S / B$$

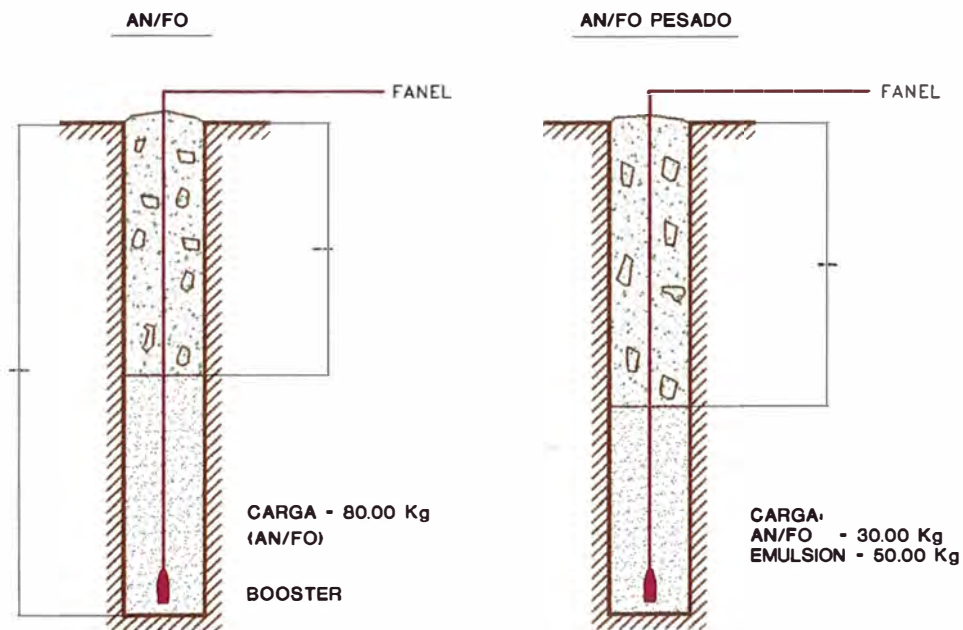
Este valor varía de [1.2 a 1.8]

CARGUIO DE TALADROS

TEORICO



PRACTICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

TRABAJO PARA OPTAR EL GRADO
ACADEMICO DE:

INGENIERO DE MINAS

TEMA:

METODOS PARA DISENO DE MALLAS
DE PERFORACION-MINA CARACHUGO
Y SAN JOSE

EJECUCION:

ANGEL ELY CASTANEDA CASTANEDA

FECHA:

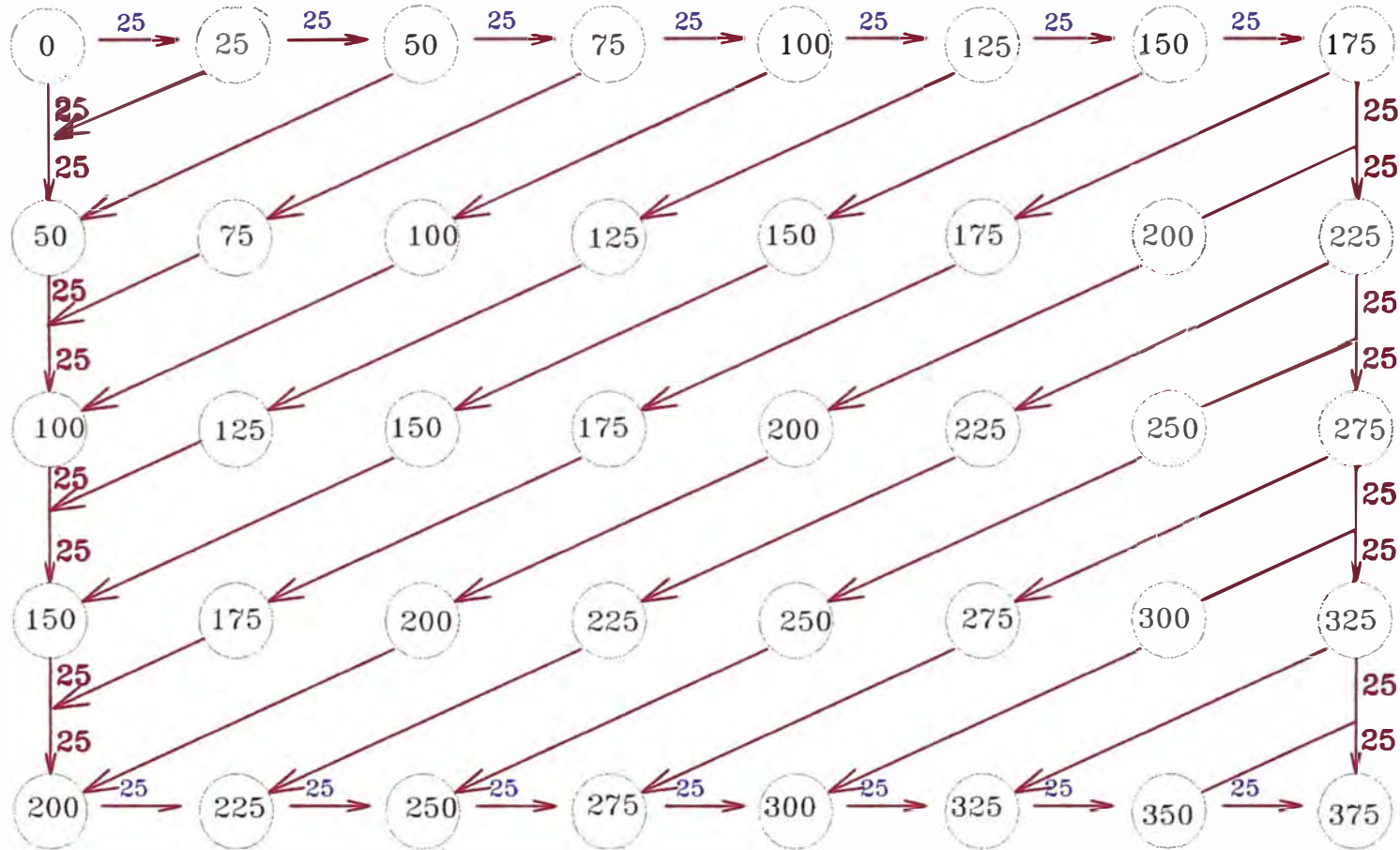
AGOSTO, 1996

ESCALA:

AMARRE DE LA MALLA

(DIAGONAL LARGA)

CARA LIBRE



SALIDAS

RETARDOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

TRABAJO PARA OPTAR EL GRADO
ACADEMICO DE:

INGENIERO DE MINAS

TEMA:

METODOS PARA DISEÑO DE MALLAS
DE PERFORACION-MINA CARACHUGO
Y SAN JOSE

EJECUCION:

ANGEL ELY CASTANEDA CASTANEDA

FECHA:

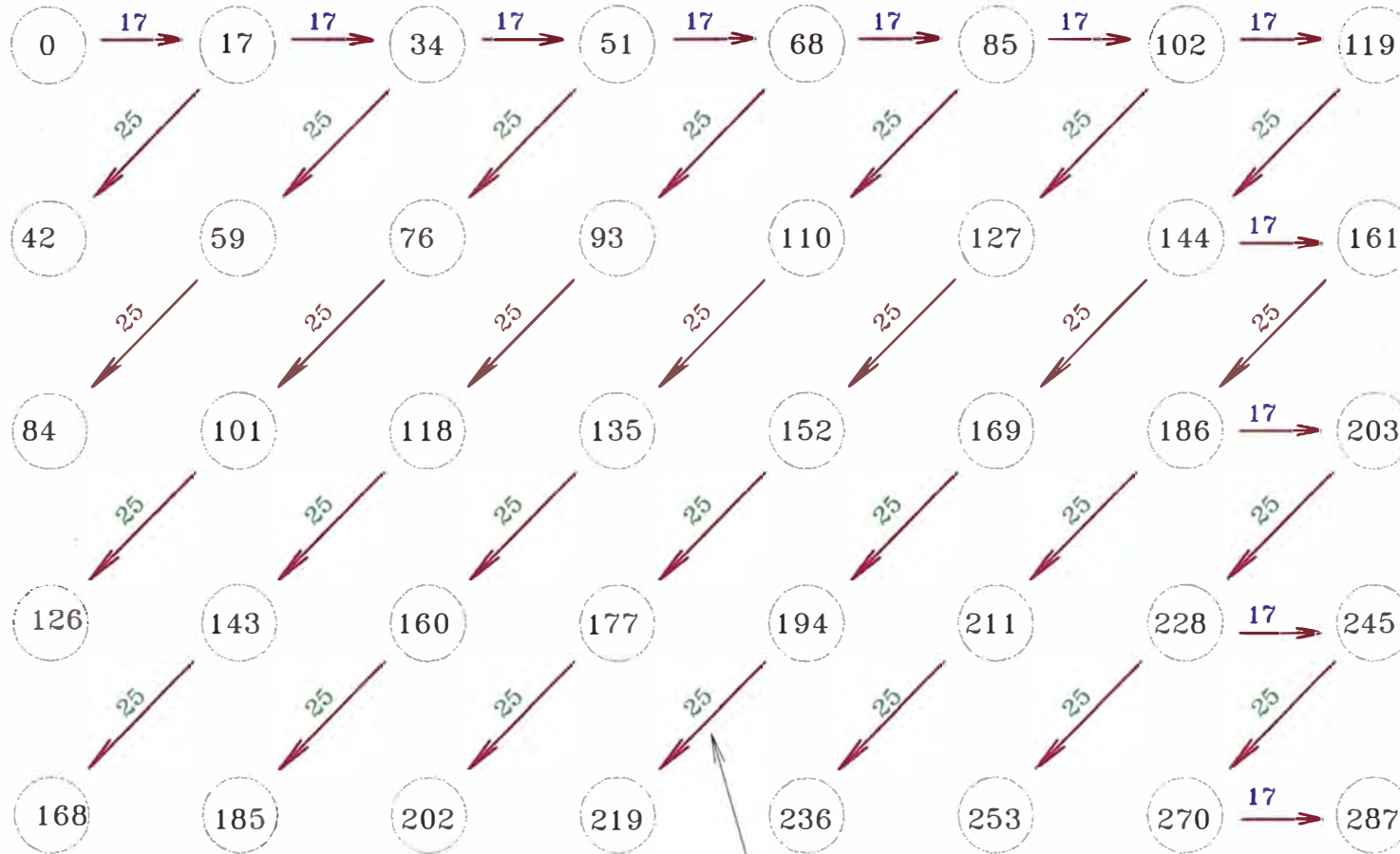
AGOSTO, 1996

ESCALA:

AMARRE DE LA MALLA

(DIAGONAL NORMAL)

CARA LIBRE



SALIDAS

RETARDOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

TRABAJO PARA OPTAR EL GRADO
ACADEMICO DE:

INGENIERO DE MINAS

TEMA:

METODOS PARA DISEÑO DE MALLAS
DE PERFORACION-MINA CARACHUGO
Y SAN JOSE

EJECUCION:

ANGEL ELY CASTANEDA CASTANEDA

FECHA:

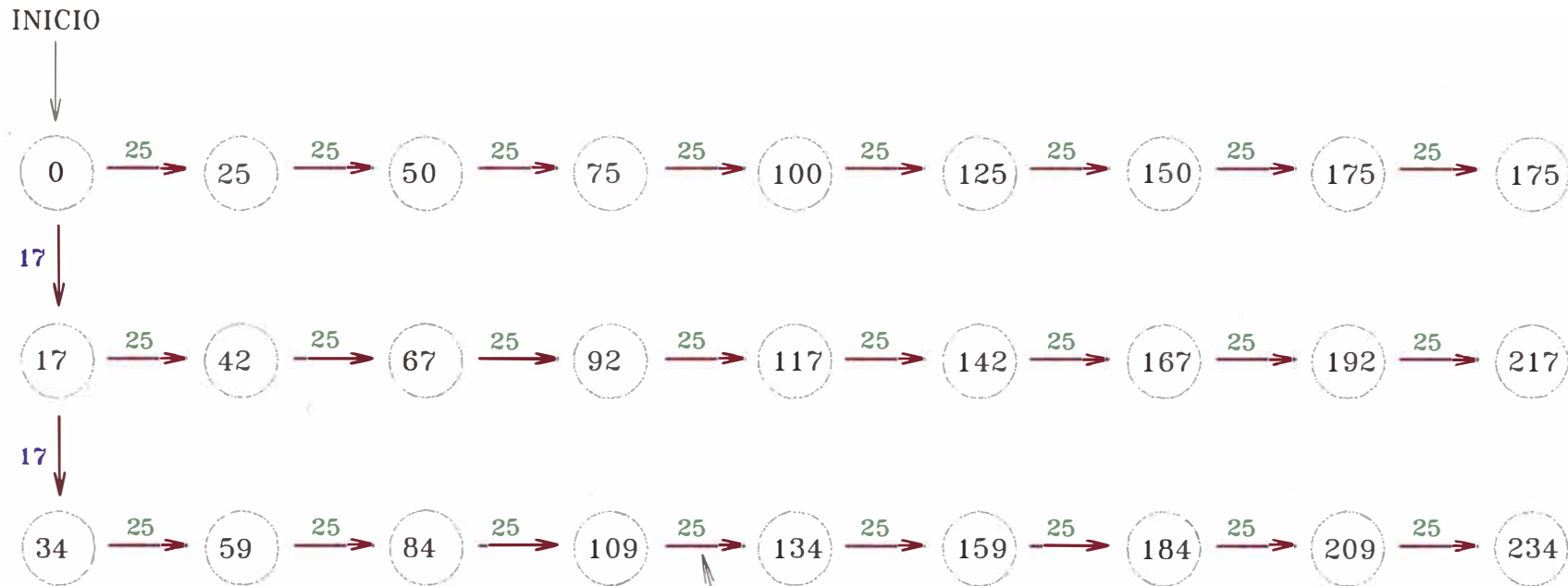
AGOSTO, 1996

ESCALA:

AMARRE DE LA MALLA

FILA POR FILA

CARA LIBRE



SALIDAS

RETARDOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

TRABAJO PARA OPTAR EL GRADO
ACADEMICO DE:

INGENIERO DE MINAS

TEMA:

METODOS PARA DISENO DE MALLAS
DE PERFORACION-MINA CARACHUGO
Y SAN JOSE

EJECUCION:

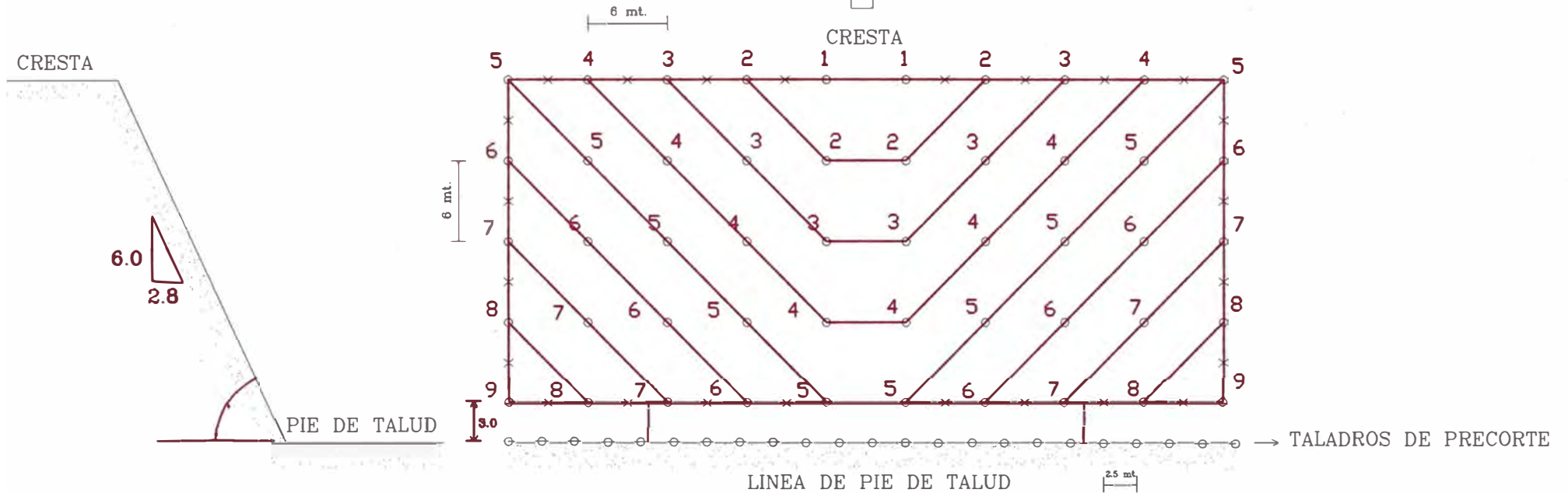
ANGEL ELY CASTANEDA CASTANEDA

FECHA:

AGOSTO, 1996

ESCALA:

ESQUEMA DE AMARRE Y SALIDA DEL DISPARO TRAPECIO



LEYENDA

- ×× : Retardos, generalmente se usan 25 m.s. y 50 m.s.
- : Taladro.
- : Cordon Pentacord 30P

Taladros de precorte se emplean para formar doble banco
 Taladros de post-corte se emplean para formar bancos normales.
 Espaciamiento de taladros : Malla 6x6 mt. para brocas de 6 3/4"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

TRABAJO PARA OPTAR EL GRADO
 ACADEMICO DE:
 INGENIERO DE MINAS

TEMA:
 METODOS PARA DISENO DE MALLAS
 DE PERFORACION-MINA CARACHUGO
 Y SAN JOSE

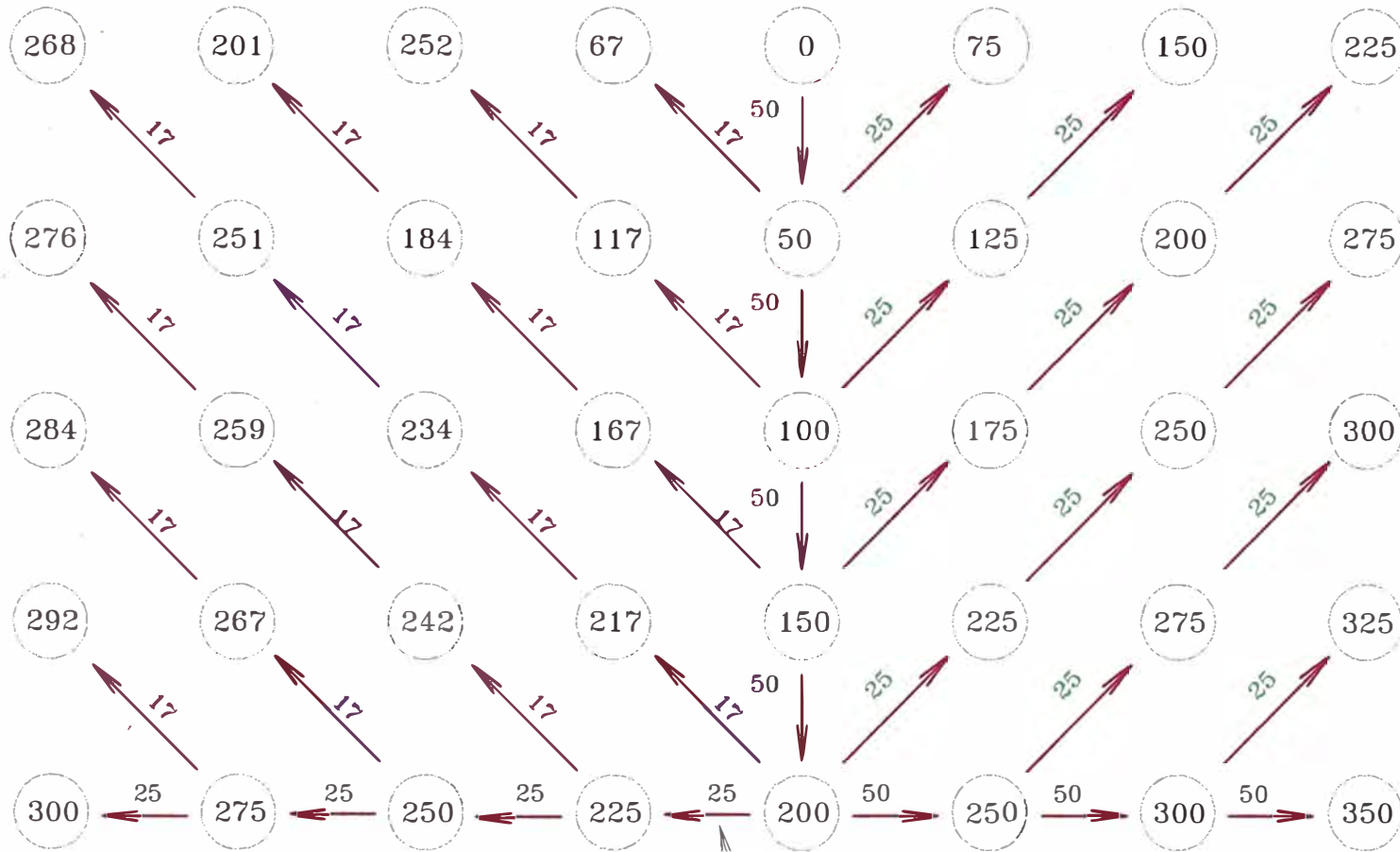
EJECUCION:
 ANGEL ELY CASTANEDA CASTANEDA

FECHA:
 AGOSTO, 1998

ESCALA:

AMARRE DE LA MALLA

(EN V)



SALIDAS

RETARDOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA Y METALURGICA

TRABAJO PARA OPTAR EL GRADO
ACADEMICO DE:

INGENIERO DE MINAS

TEMA:

METODOS PARA DISEÑO DE MALLAS
DE PERFORACION-MINA CARACHUGO
Y SAN JOSE

EJECUCION:

ANGEL ELY CASTANEDA CASTANEDA

FECHA:

AGOSTO, 1996

ESCALA:

4.3.2 .- METODOS PARA EL CALCULO DE LOS PARAMETROS DEL DISEÑO DE LA MALLA DE PERFORACION

4.3.2.1 .- R.L. ASH

Fórmula :

$$B = K_b * (D_c / 12)$$

Donde :

B : Burden

K_b : Está en función de la clase de roca y explosivo. Estos valores varían [20-40]

La ecuación fué fácil de usar y relacionó el burden a algún número constante multiplicado las veces del diámetro de carga. El artículo definió distancias de constantes para ser usadas, basándose en el explosivo y los tipos de roca.

Para el cálculo del espaciamiento se utilizó

$$S = K_s * B$$

Donde :

S : Espaciamiento

Ks : 2.0 Iniciación simultánea

mayor tiempo

Ks : [1.2-1.8] Para barrenos

secuenciales con retardos de

menor tiempo

Ks : 1.0 Para barrenos

secuenciales con retardos de

mayor tiempo

Para el cálculo de la sobre perforación se utilizó :

$$Sp = Kp * B$$

Donde :

Sp : Sobre Perforación

Kp : [0.2 - 1.0]

Para el cálculo del Taco (Retacado) se utilizó :

$$T = Kt * B$$

Donde :

T : Taco

$$K_t : [0.7 - 1.2]$$

Para determinar el Factor de Carga se utilizó :

$$F_c = W_e / V$$

$$W_e = 0.34 * D^2 * G_e * H_c$$

Donde :

W_e : Peso del explosivo (Pulg.)

D : Diámetro de la Broca (Pulg.)

G_e : Gravedad específica del

explosivo

H_c : Altura de carga (m)

$$V = B * E * H_c$$

Para determinar el Factor de Potencia se utilizó :

$$F_p = x * F_c$$

Para determinar el Tonelaje roto se utilizó :

$$T_r = V * D_r$$

Donde :

D_r = Densidad de roca

Las densidades tomadas para las rocas de Carachugo y San José son las siguientes:

Para :

Roca suave 1.950 Ton / m³

Roca media 2.033 Ton / m³

Roca dura 2.156 Ton / m³

Promedio 2.046 Ton / m³

Las cuales serán usadas para los cálculos en todos los métodos.

Densidades tomadas para el explosivo utilizado

AN / FO 0.80 - 0.85 gr / cm³

EMULSION 2.90 gr / cm³

DATOS DE INGRESO

DIAMETRO	6.75 pulg.
GRAVEDAD ESPECIFICA	0.85 gr/cc
ALTURA DE BANCO	6.00 m
DENSIDAD R.SUAVE	1.95 CS
DENSIDAD R.MEDIA	2.03 CN
DENSIDAD R.DURA	2.156 CE - SJS

TIPO ROCA	KB	KS	KP	KT
------------------	-----------	-----------	-----------	-----------

EXPLOSIVO ANFO - TALADRO SECO

ROCAS	SILICEA	35	1.00	0.31	0.7
SUAVES	ARGILICO AVANZADO	35	1.00	0.31	0.7
	ARGILICO	35	1.00	0.31	0.7
		35	1.00	0.31	0.7
ROCAS	SILICEA	35	1.00	0.31	0.7
MEDIAS	ARGILICO AVANZADO	35	1.00	0.31	0.7
		35	1.00	0.31	0.7
		35	1.00	0.31	0.7
		35	1.00	0.31	0.7
ROCAS	SILICEA	32	1.00	0.38	0.7
DURAS		32	1.00	0.38	0.7
		32	1.00	0.38	0.7

AN / FO Y EMULSION - TALADRO CON AGUA

	TIPO ROCA	KB	KS	KJ	KT
ROCAS		35	1.00	0.31	0.7
SUAVES		35	1.00	0.31	0.7
		35	1.00	0.31	0.7
		35	1.00	0.31	0.7
ROCAS	SILICEA	35	1.00	0.31	0.7
MEDIAS	ARGILICO AVANZADO	35	1.00	0.31	0.7
		35	1.00	0.31	0.7
		35	1.00	0.31	0.7
		35	1.00	0.31	0.7
ROCAS		30	1.00	0.38	0.9
DURAS		30	1.00	0.38	0.9
		30	1.00	0.38	0.9

COSTO D L**EXPLOSIVO ANFO****ROCA SUAVE (CS)**

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD	COSTO	COSTO TOTAL
	POR TALADRO	UNITARIO	\$/Taladro
ANFO	75.43 Kls	0.42 \$/kl	31.71
CORDON DETONANTE 5P	8.40 m	0.13 \$/m	1.09
FANEL # 15	10.00 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.45 Kls)	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	3.00
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			64.68
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.15

ROCA MEDIA (CN)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD	COSTO	COSTO TOTAL
	POR TALADRO	UNITARIO	\$/Taladro
ANFO	75.43 Kls	0.42 \$/kl	31.71
CORDON DETONANTE 5P	8.40 m	0.13 \$/m	1.09
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.45 Kls)	1	2.25	2.25
FULMINANTE	1	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/pies	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		4.325 \$	4.33
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			66.01
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.15

ROCA DURA (CE-SJS)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD	COSTO	COSTO TOTAL
	POR TALADRO	UNITARIO	\$/Taladro
ANFO	78.42 Kls	0.42 \$/KI	32.97
CORDON DETONANTE 5P	8.40 m	0.13 \$/m	1.09
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.45 Kls)	2	2.25	4.50
FULMINANTE	1	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		5.205 \$	5.21
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			70.40
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.19

OSTO OLADURA
EXPLOSIVO AN/FO - EMULSION
ROCA MEDIA (CN)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD	COSTO	COSTO TOTAL
	POR TALADRO	UNITARIO	\$/Taladro
ANFO	22.63 kg.	0.42 \$/kg.	9.50
EMULSION	52.80 kg.	0.53 \$/kg.	27.98
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
CORDON DETONANTE 5P	8.40 m	0.13 \$/m	1.09
BOOSTER FAMESA (1 lb)	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO (25,50) mlsgs.	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	2.995
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			70.46
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.16

ROCA DURA (CE-SJS)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD	COSTO	COSTO TOTAL
	POR TALADRO	UNITARIO	\$/Taladro
ANFO	23.53 kg.	0.42 \$/kg.	9.88
EMULSION	54.90 kg.	0.53 \$/kg.	29.09
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
CORDON DETONANTE 5P	8.40 m	0.13 \$/m	1.09
BOOSTER FAMESA (1 lb)	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO (25,50) mlsgs.	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	2.995
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			71.95
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.20

4.3.2.2 .- ENERGIAS RELATIVAS

La energía relativa se expresa como:

$$RE = a \times (SG) \times (Vd)^2 = m \times (Vd)^2 \dots \dots \dots (1)$$

Donde :

a = factor de conversión que proviene de
convertir la masa "m" , en gravedad
específica SG, es decir $SG = 1/m$

Vd = velocidad de reacción del explosivo a causa
del efecto abanico esférico, durante la
propagación de la energía a través de
materiales homogéneos e isotrópicos, se usa
la ley de la raíz cúbica, esto implica que
los Kb variarán en proporción directa a la
raíz cúbica de las energías relativas de los
explosivos es decir :

$$Kb2 / Kb1 = (RE2 / RE1)^{1/3} \dots \dots \dots (2)$$

Como los radios directos variarán inversamente proporcional con la densidad de la roca o material (Dr) a disparar según la "ley de la similitud" (ref. Langefors) :

$$Kb2 / Kb1 = (Dr1/Dr2)^{1/3} \dots \dots \dots (3)$$

Correlacionando simultáneamente los parámetros de las rocas y explosivos en el diseño de mallas de voladura, de las ecuaciones (1), (2) y (3) se tiene la siguiente fórmula combinada.

$$Kb2 = Kb1 \times (Dr1/Dr2)^{1/3} \times (SG2 \times Vd^2 / (SG1 \times Vd^2))^{1/3}$$

Para el cálculo del Burden (B) se tiene :

$$B2 = Kb2 \times De / 12$$

$$B2 = Kb1 \times (Dr1/Dr2)^{1/3} \times (SG2 \times Vd^2 / (SG1 \times Vd1^2))^{1/3} \times De / 12$$

Condiciones standar :

Se considera como explosivo standar a la Dinamita de 40-60%

Características de la dinamita :

$$Vd1 = 12,000 \text{ pies/segundo}$$

$$SG1 = 1.30 \text{ gr/cc}$$

$$Dr1 = 160 \text{ lbs/pie}^3 \text{ (densidad de la roca standar)}$$

$$Kb1 = 30 \text{ (relación de carga promedio).}$$

Con las condiciones de campo de Minera Yanacocha se tendrá la malla teórica.

Se consideran los ratios de R. Ash para el cálculo de los demás parámetros de voladura, factores de carga y potencia.

MODELO DE MALLA DE VOLADURA - MINA CARACHUGO

LATIVAS

	R.SUAVE	R.MEDIA	R.DURA	UNIDAD
DIAMETRO DEL EXPLOSIVO	6.75	6.75	6.75	pulg.
TURA DE BANCO	6	6	6	m
RAV.ESPEC.DEL EXPLOSIVO ANFO(SG2)	0.85	0.85	0.85	g/cm3
VELOCIDAD DE DETONACION AN/FO(Ve2)	15564	15564	15564	pies/s.
S	1.4	1.25	1.15	
KJ	0.3	0.3	0.3	
T	0.7	0.7	0.7	
DENSIDAD DE LA ROCA	121.739	126.920	134.599	lb/pie3
	CS	CN	CE / SJ	
CONDICIONES STANDART (DINAMITA)				
RAV.ESPEC.DEL EXPLOSIVO (SG1)	1.3	1.3	1.3	g/cm3
VELOCIDAD DE DETONACION (Ve1)	12000	12000	12000	pies/s.
VELOCIDAD DE CARGA PROMEDIO (kb1)	1.4	1.25	1.15	
DENSIDAD DE LA ROCA (Dr1)	160.0	160.0	160.0	lb/pie3

EXPLOSIVO ANFO - TALADRO SECO

TIPO DE ROCA	BURDEN		ESPACIAMIENTO		S.PERF.	TACO	FACTOR	FACTOR	TONELAJE
	Dr	Kb	(m)	(m)			CARGA	POTENCIA	
SUAVE	lb/pie3		(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/m3)	(KG/TMS)	
ILICEA	121.739	33.9	5.81	5.81	1.74	4.07	0.402	0.182	395
GILICO AVANZADO	121.739	33.9	5.81	5.81	1.74	4.07	0.402	0.182	395
GILICO	121.739	33.9	5.81	5.81	1.74	4.07	0.402	0.182	395
.MEDIA									
ILICEA	126.92	33.6	5.76	5.76	1.74	4.07	0.392	0.178	388
GILICO AVANZADO	126.92	33.5	5.74	5.74	1.74	4.07	0.394	0.179	386
.DURA									
ILICEA	134.599	32.6	5.59	5.59	1.74	4.07	0.393	0.178	366

EXPLOSIVO 70%EMULSION,30%ANFO -TALADRO CON AGUA

TIPO DE ROCA	BURDEN		ESPACIAMIENTO		S.PERF.	TACO	FACTOR	FACTOR	TONELAJE
	Dr	KJ	(m)	(m)			CARGA	CARGA	
SUAVE	Tn/m3		(m)	(m)	(m)	(m)	(KG/TMS)	(KG/TMS)	
.MEDIA									
ILICEA	126.92	33.6	5.76	5.76	1.74	4.07	0.392	0.178	388
GILICO AVANZADO	126.92	33.6	5.76	5.76	1.74	4.07	0.392	0.178	388
.DURA									

CO T VOLADURA

EXPLOSIVO ANFO

ROCA SUAVE (CS)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	72.01 Kls	0.42 \$/kl	30.27
CORDON DETONANTE 5P	2.10 m	0.13 \$/m	0.27
FANEL # 15	10.00 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.45 Kls)	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	3.00
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			62.43
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.16

ROCA MEDIA (CN)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	71.97 Kls	0.42 \$/kl	30.26
CORDON DETONANTE 5P	2.10 m	0.13 \$/m	0.27
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.45 Kls)	1	2.25	2.25
FULMINANTE	1	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/pies	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		4.325 \$	4.33
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			63.74
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.16

ROCA DURA (CE) Y (SJS)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	76.33 Kls	0.42 \$/KI	32.09
CORDON DETONANTE 5P	2.10 m	0.13 \$/m	0.27
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.45 Kls)	2	2.25	4.50
FULMINANTE	1	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		5.205 \$	5.21
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			68.70
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.19

COSTO DE VOLADURA
EXPLOSIVO AN/FO - EMULSION

ROCA MEDIA (CS)

ACCESORIOS - EXPLOSI	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	21.60 kg.	0.42 \$/kg.	9.07
EMULSION	50.41 kg.	0.53 \$/kg.	26.71
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
CORDON DETONANTE 5	8.40 m	0.13 \$/m	1.09
BOOSTER FAMESA (1 I	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO (25,50) mlsqs.	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	2.995
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			68.76
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.18

ROCA DURA (CE) Y (SJS)

ACCESORIOS - EXPLOSI	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	22.90 kg.	0.42 \$/kg.	9.62
EMULSION	53.43 kg.	0.53 \$/kg.	28.32
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
CORDON DETONANTE 5	8.40 m	0.13 \$/m	1.09
BOOSTER FAMESA (1 I	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO (25,50) mlsqs.	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	2.995
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			70.91
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.19

4.3.2.3 .- LOPEZ JIMENO

Modificó la fórmula de R. Ash y respecto al método de las energías relativas consider las velocidades sísmicas de las rocas ,la fórmula es la siguiente

$$B = KJ \times 10^{-3} \times De$$

Donde :

B = Burden en metros

De = Diámetro de la carga en milímetros

KJ = F x Kb

F = fr x fe

fr = $(2.7 \times 3500 / (Dr \times VC))^{1/3}$

fe = $(SG \times VD^2 / (1.3 \times 3660^2))^{1/3}$

Kb = 30 (constante promedio depende, de la clase de roca y del tipo de explosivo)

Dr = Densidad de la roca (Tn/m³)

VC = Velocidad sísmica de propagación del macizo rocoso

SG = Densidad del explosivo (gr/cc)

VD = Velocidad de detonación del explosivo (m/s)

Esta fórmula se aplica para diámetros superiores a 165 mm. Para diámetros menores se aplicará un coeficiente reductor de 0.9 en el cálculo del burden.

También se consideran los ratios de R. Ash para el cálculo de los demás parámetros de voladura, factores de carga y potencia.

COSTO DE VOLADURA

EXPLOSIVO ANFO

ROCA SUAVE (CS)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	73.51 Kls	0.42 \$/kl	30.91
CORDON DETONANTE 5P	2.10 m	0.13 \$/m	0.27
FANEL # 15	10.00 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.45 Kls)	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	3.00
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			63.06
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.15

ROCA MEDIA (CN)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	73.51 Kls	0.42 \$/kl	30.91
CORDON DETONANTE 5P	2.10 m	0.13 \$/m	0.27
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.45 Kls)	1	2.25	2.25
FULMINANTE	1	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/pies	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		4.325 \$	4.33
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			64.39
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.16

ROCA DURA (CE) Y (SJS)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	77.96 Kls	0.42 \$/Kl	32.78
CORDON DETONANTE 5P	2.10 m	0.13 \$/m	0.27
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.45 Kls)	2	2.25	4.50
FULMINANTE	1	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		5.205 \$	5.21
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			69.39
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.18

EXPLOSIVO AN/FO - EMULSION

ROCA MEDIA (CS)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	22.05 kg.	0.42 \$/kg.	9.26
EMULSION	51.46 kg.	0.53 \$/kg.	27.27
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
CORDON DETONANTE 5P	8.40 m	0.13 \$/m	1.09
BOOSTER FAMESA (1 lb)	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO (25,50) mlsgs.	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	2.995
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			69.51
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.17

ROCA DURA (CE) Y (SJS)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	23.39 kg.	0.42 \$/kg.	9.82
EMULSION	54.57 kg.	0.53 \$/kg.	28.92
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
CORDON DETONANTE 5P	8.40 m	0.13 \$/m	1.09
BOOSTER FAMESA (1 lb)	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO (25,50) mlsgs.	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	2.995
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			71.72
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.19

4.3.2.4 .- PEARSE

Pearse propone una fórmula para el burden basado en las características físicas de las rocas y del tipo de explosivo.

$$B = K_v \times D_e \times (PD/RT)^{1/2}$$

$$B = \text{Burden (m)}$$

K_v = Constante que depende de las características de las rocas [0.7 - 1.0]

D_e = Diámetro de la carga del explosivo (mm)

PD = Presión de detonación del explosivo (kg/cm²)

RT = Resistencia a la tracción de roca (kg/cm²)

La constante K_v se puede determinar a partir del índice de calidad de la roca (RQD).

Guillermo V. Borquez, determina la constante K_v , que lo llama factor de volabilidad, este valor fué fijado en una relación empírica con el índice de calidad de la roca (RQD), modificada por la resistencia de las fracturas.(cuando el junturamiento es mas largo de 10 cm.en el testigo). La resistencia de las fracturas esta determinada por el relleno de junturamiento y el grado de alteración observado en el testigo.

Los factores de corrección para estimar la resistencia de las fracturas en los testigos se muestran en la

siguiente tabla:

Factores de corrección para estimar la resistencia de las fracturas :

Estimación de calidad	Factor de corrección (JSF) a el (RQD)
-----	-----
Fuerte	1.00
Medio	0.90
Débil	0.80
Muy débil	0.70

$$ERQD = RQD \times \text{Factor de corrección (JSF)}$$

Donde :

ERQD = Designación equivalente de la calidad de
la roca

RQD = Índice de la calidad de la roca

Según Borquez se tiene la siguiente relación:

$$K_v = 1.96 - 0.27 \times \ln (ERQD)$$

Se consideran los ratios de R. Ash para el cálculo de los demás parámetros de voladura, factores de carga y potencia.

MODELO DE MALLA DE VOLADURA - MINA CARACHUGO

SE

	R.SUAVE	R.MEDIA	R.DURA	UNIDAD
ETRO DEL EXPLOSIVO	171.45	171.45	171.45	mm
TURA DE BANCO	6	6	6	m
RAV.ESPEC.DEL EXPLOSIVO	0.85	0.85	0.85	g/cm3
RESION DE DETONACION	48764	48764	48764	kg/cm2
S	1	1	1	
KJ	0.3	0.3	0.3	
T	0.7	0.7	0.7	
JSF	0.8	0.9	1.0	
DENSIDAD DE LA ROCA	1.950	2.033	2.156	

CS CE SJ

EXPLOSIVO ANFO - TALADRO SECO

PO DE ROCA				BURDEN	ESPACIAMIENTO	S.PERF.	TACO	FACTOR	FACTOR	TONELAJE
	RQD	RT	kv					CARGA	POTENCIA	ROTO
SUAVE	%	kg/cm2		(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/m3)	(KG/TMS)	
ILICEA	25	47.7	1.15115	6.31	6.31	2.02	4.10	0.363	0.165	466
RGILICO AVANZADO	30	47.7	1.10192	6.04	6.04	2.02	4.10	0.396	0.180	427
RGILICO	35	47.7	1.06030	5.81	5.81	2.02	4.10	0.428	0.194	395
.MEDIA										
ILICEA	25	47.7	1.11935	6.14	6.14	2.02	4.10	0.369	0.167	459
RGILICO AVANZADO	30	47.7	1.07012	5.87	5.87	2.02	4.10	0.403	0.183	420
.DURA										
ILICEA	25	60.4	1.09090	5.31	5.31	2.02	4.10	0.463	0.210	365

EXPLOSIVO 70%EMULSION,30%ANFO -TALADRO CON AGUA

IPO DE ROCA				BURDEN	ESPACIAMIENTO	S.PERF.	TACO	FACTOR	FACTOR	TONELAJE
	RQD	RT	kv					CARGA	CARGA	ROTO
.SUAVE	%	kg/cm2		(m)	(m)			(KG/TMS)	(KG/TMS)	
.MEDIA										
ILICEA	25	47.7	1.11935	6.14	6.14	2.02	4.10	0.369	0.167	459
RGILICO AVANZADO	30	47.7	1.07012	5.87	5.87	2.02	4.10	0.403	0.183	420
.DURA										

COSTO DE VOLADURA

EXPLOSIVO ANFO

ROCA SUAVE (CS)

ACCESORIOS - EXPLOSI	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	76.76 Kls	0.42 \$/kl	32.27
CORDON DETONANTE 5	2.10 m	0.13 \$/m	0.27
FANEL # 15	10.00 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.4	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	3.00
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			64.42
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.14

ROCA MEDIA (CN)

ACCESORIOS - EXPLOSI	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	76.76 Kls	0.42 \$/kl	32.27
CORDON DETONANTE 5	2.10 m	0.13 \$/m	0.27
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.4	1	2.25	2.25
FULMINANTE	1	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/pies	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		4.325 \$	4.33
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			65.75
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.14

ROCA DURA (CE) Y (SJS)

ACCESORIOS - EXPLOSI	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	81.40 Kls	0.42 \$/Kl	34.22
CORDON DETONANTE 5	2.10 m	0.13 \$/m	0.27
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.4	2	2.25	4.50
FULMINANTE	1	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		5.205 \$	5.21
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			70.84
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.19

COSTO DE VOLADURA

EXPLOSIVO AN/FO - EMULSION

ROCA MEDIA (CS)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	23.03 kg.	0.42 \$/kg.	9.67
EMULSION	53.73 kg.	0.53 \$/kg.	28.48
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
CORDON DETONANTE 5P	8.40 m	0.13 \$/m	1.09
BOOSTER FAMESA (1 lb)	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO (25,50) mlsqs.	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	2.995
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			71.12
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.15

ROCA DURA (CE) Y (SJS)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	24.42 kg.	0.42 \$/kg.	10.26
EMULSION	56.98 kg.	0.53 \$/kg.	30.20
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
CORDON DETONANTE 5P	8.40 m	0.13 \$/m	1.09
BOOSTER FAMESA (1 lb)	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO (25,50) mlsqs.	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	2.995
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			73.43
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.20

4.3.2.5 .- WALTER Y KONYA

Fórmula :

$$B = 1.2 * 10^{-2} * D_e * (2 * S_g / D_r + 1.5)$$

Donde :

B : Burden

De : Diámetro de carga

Dr : Densidad de roca

Sg : Densidad del explosivo

Las variables de diseño a partir del burden son

a.- Espaciamiento (S)

a1. Taladros de una fila instantáneo

$$H < 4B \quad S = (H + 2B) / 3$$

$$H > 4B \quad S = 2B$$

a2. Taladros de una fila secuenciados

$$H < 4B \quad S = (H + 7B) / 8$$

$$H > 4B \quad S = 1.4B$$

b.- Sobre perforación (J)

$$J = 0.3 B$$

c.- Taco (Retacado) (T)

$$T = 0.7 B$$

Para el cálculo del Factor de carga (Fc) y Factor de potencia (Fp) se calcula a partir de R.L.Ash

COSTO DE VOLADURA

EXPLOSIVO ANFO

ROCA SUAVE (CS)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	73.91 Kls	0.42 \$/kl	31.07
CORDON DETONANTE 5P	2.10 m	0.13 \$/m	0.27
FANEL # 15	10.00 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.45 Kls)	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	3.00
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			63.23
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.19

ROCA MEDIA (CN)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	74.57 Kls	0.42 \$/kl	31.35
CORDON DETONANTE 5P	2.10 m	0.13 \$/m	0.27
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.45 Kls)	1	2.25	2.25
FULMINANTE	1	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/pies	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		4.325 \$	4.33
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			64.83
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.19

ROCA DURA (CE) Y (SJS)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	78.38 Kls	0.42 \$/Kl	32.95
CORDON DETONANTE 5P	2.10 m	0.13 \$/m	0.27
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
BOOSTER FAMESA (0.45 Kls)	2	2.25	4.50
FULMINANTE	1	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		5.205 \$	5.21
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			69.57
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.20

COSTO DE VOLADURA

EXPLOSIVO AN/FO - EMULSION

ROCA MEDIA (CS)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	22.17 kg.	0.42 \$/kg.	9.31
EMULSION	51.74 kg.	0.53 \$/kg.	27.42
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
CORDON DETONANTE 5P	8.40 m	0.13 \$/m	1.09
BOOSTER FAMESA (1 lb)	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO (25,50) mlsgs.	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	2.995
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			69.71
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.20

ROCA DURA (CE) Y (SJS)

ACCESORIOS - EXPLOSIVOS	CANTIDAD POR TALADRO	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL \$/Taladro
ANFO	23.52 kg.	0.42 \$/kg.	9.88
EMULSION	54.87 kg.	0.53 \$/kg.	29.08
FANEL # 15	10 m	2.07 \$/m	20.70
CORDON DETONANTE 5P	8.40 m	0.13 \$/m	1.09
BOOSTER FAMESA (1 lb)	1.00	2.25 \$	2.25
FULMINANTE	1.00	0.19	0.19
MECHA LENTA	1.83 m	0.49 \$/m	0.90
RETARDO (25,50) mlsgs.	2.00	2.20 \$	4.40
MANO DE OBRA		0.45 \$	0.45
COSTO DE EQUIPO		2.995 \$	2.995
COSTO TOTAL (\$ / Taladro) :			71.93
COSTO TOTAL (\$ / Ton.) :			0.21

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La hoja de trabajo ha permitido crear un programa y poder ser utilizado para cualquier tipo de roca y poder ser aplicado para las variaciones que se pueden presentar posteriormente.
- Los datos que se obtuvieron para este trabajo fueron recopilados de laboratorio de mecánica de rocas de la Universidad Católica ,de campo, libros y bibliografía especializada que permitieron realizar un trabajo completo.
- Los diferentes métodos permitieron realizar cálculos de parámetros de voladura con la finalidad de poder realizar una comparación la cual demuestre que tipo de malla se puede usar para cada tipo de roca existente en la mina.
- Los explosivos usados , los tipos de amarre de la malla, contribuyen con los buenos resultados que actualmente se tienen.

En los métodos y cuadros que se muestran se puede observar que hay diferentes tipos de mallas para las rocas existentes en mina para lo cual se recomienda:

- Para las rocas clasificadas como Rocas Suaves entre estas la Silícea, Argílico Avanzado, Argílico(Arcillas,Caolín) se puede usar una malla de 6 x 6 mts con un factor de potencia que puede variar entre 0.179 a 0.180 KG / TMS

- En lo que respecta a rocas de dureza media se pueden distinguir dos clases , Silícea y Argílico Avanzado (Cuarzo,Alunita,Caolín) se puede usar una malla de 6 x 6 mts con un factor de potencia que puede variar entre 0.172 a 0.180 KG / TMS

- En lo que respecta a las rocas duras tales como la Silicea (Cuarzo)se puede usar una malla de 5.50 x 5.50 mts. con un factor de potencia que puede variar entre 0.201 a 0.217 KG / TMS

- Es de mucha importancia en la fragmentación de la roca el uso de retardadores de diferentes milisegundos esto permitirá tener una

voladura mejor controlada en función a las vibraciones provocando una mayor fragmentación.

En los cuadros adjuntos podemos observar

El resumen de los parámetros de voladura para los diferentes

Métodos

El resumen de los costos de voladura para el explosivo AN /FO ,

para los diferentes Métodos.

El resumen de los costos de voladura para el explosivo AN /FO -

EMULSION, para los diferentes Métodos.

RESUMEN DE PARAMETROS DE VOLADURA

ROCA SUAVE

METODO	BURDEN m	ESPACIA. m	S.PERF. m	TACO	FACTOR DE CARGA	
					Kg/m3	Kg/TMS
R.L.ASH	6.00	6.00	1.85	4.00	0.395	0.179
E.RELATIVAS	5.81	5.81	1.74	4.07	0.402	0.182
PEARSE	6.05	6.05	2.02	4.10	0.396	0.180
L.JIMENO	5.92	5.92	1.77	4.02	0.396	0.180
W.Y KONYA	5.37	5.37	1.74	3.97	0.483	0.219

ROCA MEDIA

METODO	BURDEN m	ESPACIA. m	S.PERF. m	TACO	FACTOR DE CARGA	
					Kg/m3	Kg/TMS
R.L.ASH	6.00	6.00	1.85	4.00	0.379	0.172
E.RELATIVAS	5.76	5.76	1.74	4.07	0.392	0.179
PEARSE	6.01	6.01	2.02	4.10	0.386	0.175
L.JIMENO	5.92	5.92	1.77	4.02	0.390	0.177
W.Y KONYA	5.29	5.29	1.68	3.83	0.482	0.219

ROCA DURA

METODO	BURDEN m	ESPACIA. m	S.PERF. m	TACO	FACTOR DE CARGA	
					Kg/m3	Kg/TMS
R.L.ASH	5.49	5.49	2.06	4.06	0.443	0.201
E.RELATIVAS	5.59	5.59	1.74	4.07	0.393	0.178
PEARSE	5.31	5.31	2.02	4.10	0.463	0.210
L.JIMENO	5.47	5.47	1.77	4.02	0.418	0.190
W.Y KONYA	5.18	5.18	1.68	3.83	0.479	0.217

RESUMEN DE COSTOS DE VOLADURA

EXPLOSIVO AN / FO

ROCA SUAVE

METODO	TONALAJE ROTO	COSTO TOTAL	
		\$/Taladro	\$/Tonelada
R.L.ASH	421	64.680	0.150
E.RELATIVAS	395	62.430	0.160
PEARSE	429	64.420	0.140
L.JIMENO	409	63.060	0.150
W.Y KONYA	337	63.230	0.190

ROCA MEDIA

METODO	TONALAJE ROTO	COSTO TOTAL	
		\$/Taladro	\$/Tonelada
R.L.ASH	439	66.010	0.150
E.RELATIVAS	387	63.740	0.160
PEARSE	439	65.750	0.140
L.JIMENO	415	64.390	0.160
W.Y KONYA	341	64.830	0.190

ROCA DURA

METODO	TONALAJE ROTO	COSTO TOTAL	
		\$/Taladro	\$/Tonelada
R.L.ASH	367	65.400	0.170
E.RELATIVAS	366	68.700	0.190
PEARSE	365	70.840	0.190
L.JIMENO	387	69.390	0.180
W.Y KONYA	347	69.570	0.200

RESUMEN DE COSTOS DE VOLADURA

EXPLOSIVO AN / FO - EMULSION

ROCA MEDIA

METODO	TONALAJE ROTO	COSTO TOTAL	
		\$/Taladro	\$/Tonelada
R.L.ASH	439	70.460	0.160
E.RELATIVAS	387	68.760	0.180
PEARSE	439	71.120	0.150
L.JIMENO	415	69.510	0.170
W.Y KONYA	337	69.710	0.200

ROCA DURA

METODO	TONALAJE ROTO	COSTO TOTAL	
		\$/Taladro	\$/Tonelada
R.L.ASH	367	66.040	0.170
E.RELATIVAS	366	70.910	0.190
PEARSE	365	73.430	0.200
L.JIMENO	387	71.720	0.190
W.Y KONYA	347	71.930	0.210

BIBLIOGRAFIA

- 1 .- Carlos Agreda " Teoría de Voladura de Rocas"
- 2 .- R.l.Ash " El diseño de Tandas de Voladura"
E.Pfleider - Suerfas Mining
- 3 .- Exsa " Manual Práctico de Voladura"
- 4 .- L. García H. " Diseño de Malla y Costo de
Voladura en Carachugo"
- 5 .- Hughes Tools Company " Blast Hole Bit
Hanbook"
- 6 .- Lopez Jimeno " Implantación de un Método de
Cálculo y Diseño de Voladura en Bancos "
- 7 .- Pearse G.E. " Voladura de Rocas - Algunos
Aspectos sobre la Teoría y Práctica "
- 8 .- Du Pont."Manual para el uso de Explosivos "
- 9 .- Universidad Politécnica de Madrid
"Perforación y Voladura"
- 10.- Walter y Konya " Surface Blast Design "