

DESCARTE



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

Uso de Barrenos de 13 cm. de Diámetro en los
Trabajadores Subterráneos de Taxco, Gro.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA

P R E S E N T A :
MARIO AGUIRRE CASTILLO



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DESCARTE



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

0165

Uso de Barrenos de 13 cm. de Diámetro en los
Trabajadores Subterráneos de Taxco, Gro.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO DE MINAS Y METALURGISTA

P R E S E N T A :

MARIO AGUIRRE CASTILLO



FACULTAD DE INGENIERIA
EXAMENES PROFESIONALES
60-1-122

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Al Pasante señor MARIO AGUIRRE CASTILLO,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Arnulfo Bernal Beltrán, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero de MINAS Y METALURGISTA.

USO DE BARRENAS DE 13 CM. DE DIAMETRO EN
LOS TRABAJOS SUBTERRANEOS DE TAXCO, GRO.

- I. Geología regional de el área minera de Taxco
- II. Características y cálculo de costos para los métodos de explotación, actualmente utilizados en la Unidad Minas de Guerrero
- III. Observaciones prácticas sobre las brocas al acero de barrenación
- IV. Tratamiento y sistema de control en el beneficio de los minerales complejos de plomo y zinc

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 14 de marzo de 1977
EL DIRECTOR

ING. ENRIQUE DEL VALLE CALDERON

EVC/MRV/glt.

- I -

CON CARIÑO A:

GUILLERMO Y CECILIA

ROCIO, AZURITA Y PERLA

FRANCISCA Y OSCAR

LUCIA Y MARCELINO

PARTES INTEGRALES DE TODAS MI
ACCIONES.

A MIS AMIGOS

TERESA, FERNANDO SERGIO Y RUBEN

A LOS INGS. ARNULFO BELTRAN

UBALDO ALARCON Y D. ADOLFO LANGENSCHIEDT

USO DE BARRENOS DE 13 CM. DE DIAMETRO EN LOS TRABAJOS SUBTE
RRANEOS DE TAXCO, GRO.

I N D I C E

	PAGINA NO.
PROLOGO	1
CAPITULO I LOCALIZACION DEL DISTRITO	2
GEOGRAFIA	2
VIAS DE COMUNICACION	2
ACTIVIDADES SOCIOECONOMICAS	3
RESEÑA HISTORICA	3
CAPITULO II GEOLOGIA REGIONAL	7
FISIOGRAFIA	7
ESTRATIGRAFIA	8
ACTIVIDAD IGNEA INTRUSIVA	10
CAPITULO III YACIMIENTOS MINERALES	11
RASGOS GENERALES	11
FILONES DE FISURA	11
FILONES DE REEMPLAZAMIENTO	11
MANTOS DE REEMPLAZAMIENTO	12
POTENCIAL GEOLOGICO DEL DISTRITO	12

	PAGINA	NO.
CAPITULO IV	FINALIDAD DEL ESTUDIO	14
	GENERALIDADES	14
	METODOS DE EXPLOTACION	15
CAPITULO V	ANALISIS DEL METODO DE EXPLOTACION POR BARRENACION LARGA HORIZONTAL --- A PARTIR DE CONTRAPOZOS PARALELOS	18
	OBRAS DE PREPARACION	18
	CALCULO DE COSTOS DIRECTOS	22
	RESUMEN DE COSTOS OBRAS DE PREPARACION	30
	OBRAS ACCESORIAS	30
	COSTO DE PREPARACION POR TONELADA	32
CAPITULO VI	TUMBE	33
	CALCULO DE COSTOS DIRECTOS	35
	RESUMEN DE COSTOS TUMBE	41
	RESUMEN DE COSTOS FINAL	41
	CONCLUSIONES	42
CAPITULO VII	METODO DE EXPLOTACION POR BARRENACION LARGA VERTICAL . DE NIVEL A NIVEL	44
	DESCRIPCION DEL METODO	44
	AMPLIACION DE LOS NIVELES	45

	PAGINA NO.
AMPLIACION DEL NIVEL SUPERIOR	45
CALCULO DE COSTOS	48
COSTO PROMEDIO POR TONELADA TUMBADA EN PREPARACION	63
REZAGADO	63
CALCULO DE COSTOS DE ACUERDO A LA DISTRIBUCION DE TRABAJOS	66
COSTO TOTAL POR TONELADA EN PREPARACION	68
AMPLIACION DEL NIVEL INFERIOR	68
CONTRAPOZO INICIADOR DE LA RANURA	70
RESUMEN DE COSTOS DE OBRAS DE PREPARACION	76
CAPITULO VIII TUMBE	78
CALCULO DE COSTOS	80
EQUIPO	80
EXPLOSIVOS	84
COMO EVITAR LA COOPERACION DE VIBRA CIONES	87
RESUMEN DE COSTOS	90
CONCLUSIONES	92

	PAGINA NO.
CAPITULO IX RECOMENDACIONES	94
CAPITULO X OBSERVACIONES PRACTICAS SOBRE	
ACERO Y BROCAS PARA BARRENAR	96
BARRENAS INTEGRALES	97
ACERO HEXAGONAL ACOPLABLE DE 22.2 Cm, DE SECCION Y BROCAS DE CRUZ ACOPLA--- BLES DE 3.49 y 3.81 Cm. DE DIAMETRO	98
PREVENCION DE ROTURAS EN BROCAS DE BOTONES	104
ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LOS IN--- SERTOS Y ACEROS PARA BROCAS Y BARRAS PARA BARRENAR	105
REMOISION DE PARTICULAS EN EL FONDO DEL BARRENO	107
CAPITULO XI TRATAMIENTO Y SISTEMA DE CONTROL EN EL BENEFICIO DE LOS MINERALES COM--- PLEJOS DE PLOMO Y ZINC.	110
SECCION DE TRITURACION	110
SECCION DE MOLIENDA Y CLASIFICACION	113
SECCION DE FLOTACION Y FILTRADO	113
REACTIVOS	116

CONTROLES Y DISPOSITIVOS DE SE-	
GURIDAD EN LA OPERACION	119
OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES	120
BIBLIOGRAFIA	121

P R O L O G O

Es característica humana el cuidar al máximo todo aquello -- que tenemos la certeza que no podrá volver a ser creado por nuestros medios. Es por eso que el ingeniero de minas y metalurgista es el responsable de llevar a efecto esta misión, en el aprovechamiento de los minerales, a sabiendas que cualquier porción perdida de ellos no podrá ser nunca recuperada.

Evitemos pues que esto suceda por negligencia y procuremos - en la medida de nuestras posibilidades obtener lo máximo que nos brinda para ello el planeta en que vivimos.

El siguiente trabajo tiene como finalidad principal el tratar de llevar a cabo lo anterior.

I LOCALIZACION DEL DISTRITO

I.1 GEOGRAFIA

El distrito minero de Taxco, se localiza en el municipio del mismo nombre en la parte septentrional del Estado de Guerrero. Limita al norte con los municipios de Pilcaya y Tetipac al suroeste con San Pedro de Alquisiras y al sur con los de Ixcatiopan e Iguala, al sureste con el de Huitzucó y por último al poniente y al oriente con los Estados de México y Morelos respectivamente. El distrito está comprendido entre las coordenadas $18^{\circ}35'$ y $18^{\circ}31'$ de latitud norte y $99^{\circ}39'$ y $99^{\circ}32'$ de longitud al oeste de Greenwich y abarca una área aproximada de 90 Km^2 .

I.2 VIAS DE COMUNICACION

La ciudad de Taxco se encuentra comunicada de norte a sur por la carretera nacional México Acapulco, distando 160 Km del D.F., 89 Km de Cuernavaca (al norte), 36 Km de Iguala (al sur). Existen además numerosos caminos de terracería, muchos de ellos transitables en toda época del año. La estación de ferrocarril más próxima se localiza a 26 Km hacia el sur, junto a la mencionada carretera y es la llamada el Naranjo sobre la vía México - Balsas.

I.3 POBLACIONES

La única población de importancia en la zona, es Taxco con 35000 habitantes; otros centros menores de población son: - Huixtac, Acamixtla, Taxco el Viejo, Tecapulco.

I.4 ACTIVIDADES SOCIOECONOMICAS

Las principales fuentes de ingresos regionales son el turismo y la minería, ejecutándose la agricultura y la ganadería a muy baja escala; la primera debido principalmente a las características de la región; la segunda se practica a escala doméstica.

Taxco cuenta con escuelas hasta nivel de bachillerato, una biblioteca municipal pequeña, tres salas de espectáculos de mediana categoría y una radioemisora.

Por lo que respecta a la minería, puede decirse que un gran número de familias dependen de ella directamente.

I.5 RESEÑA HISTORICA.

Es un hecho ampliamente comprobado el que los nativos del nuevo continente trabajaban ciertos metales antes de la lle

gada de los conquistadores españoles. Pruebas que corroboran lo anterior son las descripciones hechas por Cortés y otros contemporáneos, del tráfico de metales que tenía lugar en el mercado de Tenochtitlán y de los objetos que los soberanos aztecas recibían como tributos por parte de sus pueblos vasallos.

En el caso del distrito minero de Taxco aunque se sabe que se extraían metales, no se ha podido definir con certeza la clase de métodos usados para ello. Queda sin embargo, el hecho de que gente de Cortés llegó a este distrito en busca de estaño para realizar aleaciones en la fabricación de balas de cañón, dicho metal era usado por los indígenas como moneda en forma de pequeñas piezas.

En los primeros años después de la conquista, la actividad minera de los españoles se concentró a la explotación de placeres, al agotarse estos reiniciaron la explotación de las antiguas minas indígenas, tomando con ello gran importancia la región como productora de plata, metal que si interesaba a los españoles y que prácticamente había sido pasado por alto por los nativos al preferir el oro por su belleza y maleabilidad y no conocer usos prácticos para la plata.

Entre los trabajos ordenados por Cortés cabe destacar el llamado Socavón del Rey que fué el núcleo de extracción durante esta época de explotación.

Durante el virreinato el laboreo de las minas fué constante y se llevaron a cabo numerosas obras. El gran auge de la región tuvo lugar en el año de 1747 con el minero José de la Borda explotando numerosos cuerpos que le produjeron grandes riquezas, que empleó en abrir nuevas minas y construir obras como la iglesia de Santa Prisca.

Al morir de la Borda sus propiedades fueron adquiridas -- por Pedro de Anza en 1887, quien trató de organizar una -- sociedad para la explotación de las minas, posteriormente pasaron a manos de su sobrino José Vicente de Anza último gran impulsor de la minería en Taxco durante la colonia.-- Entre las grandes obras que se efectuaron se cuenta la -- prosecución del Socavón del Rey y la perforación de dos -- tiros interiores gemelos en la misma área. Este perdió -- sus grandes riquezas a cambio de su vida durante los co-- mienzos de la guerra de independencia, época que señaló -- el fin de Taxco como relevante productor de plata.

Una vez en calma el país, no se recobró el auge anterior-- debido a varios factores, entre ellos destaca: la falta -- de confianza por parte de los inversionistas, la mala con-- dición en que se encontraban la mayoría de las minas y -- principalmente que la zona de óxidos había sido práctica-- mente agotada y la zona de sulfuros no era redituable.

A pesar de lo anteriormente descrito hubo compañías extran-- jeras que se aventuraron a instalarse en México durante -- el siglo XIX, pero Taxco quedó olvidado.

En los primeros años del presente siglo, hubo varios intentos de rehabilitar minas del distrito, pero se vieron entorpecidos por la revolución de 1910; consumada ésta y ya en función el método de beneficio por flotación hubo nuevos intentos, algunos de ellos con regular éxito, pero en conjunto negativos, debido principalmente a la falta de capital.

Fués hasta un poco antes de la segunda guerra mundial cuando la empresa Eagle Petcher Company inició lo que puede llamarse explotación moderna y a gran escala del distrito minero de Taxco en 1938, en el grupo de vetas llamado Babilonia de la actual mina Guerrero. Pocos años después (1942) la American Smelting and Refining Co. hoy Industrial Minera México S.A. inició sus operaciones en Taxco con las Minas Pedregal y Jesús, adquiriendo posteriormente (1947) las concesiones de la Eagler Petcher en la mina Guerrero, que es hoy la más importante de la zona.

De entonces a la fecha se ha llevado a cabo un constante progreso y aumento en la producción, actualmente se cuenta con una nueva planta concentradora con capacidad de tres mil toneladas diarias, para lo cual los métodos de explotación deben ser altamente productivos.

II GEOLOGIA REGIONAL

II.1 FISIOGRAFIA

El distrito minero de Taxco, se encuentra situado en la subprovincia fisiográfica denominada Cuenca del Balsas -- Mezcala; pertenece a la provincia Sierra Madre del Sur*.

La zona de la subprovincia donde se encuentra el distrito se caracteriza por estar constituida por el tipo de montañas complejas,** en el que la zona muy accidentada topográficamente, presenta en las diferentes clases de rocas, variadas etapas de erosión y drenaje.

La parte sur del distrito está constituido por rocas mesozoicas depositadas sobre la margen del macizo paleozoico-Taxco Zitacuaro. Estas rocas muestran una etapa de madurez en el ciclo erosivo con un drenaje de patrón dendritico.

* Fries 1960

** Escandon 1972

En cuanto a la parte norte, las rocas mesozoicas y paleozoicas están cubiertas por una secuencia de conglomerados continentales, piroclásticos y emisiones volcánicas del terciario con bruscas variaciones topográficas.

El accidente topográfico más notable es el cerro del Huis-teco (2410 m. de elevación al nivel del mar) aledaño a la ciudad de Taxco, la cual tiene una elevación promedio de 1350 m. al nivel mar. ,

Su clima es tropical lluvioso con abundantes precipitaciones de junio a septiembre e inviernos secos, las temperaturas oscilan entre 12 y 32 grados centígrados.

II.2 ESTRATIGRAFIA

En el distrito están presentes rocas cuya edad varía entre el paleozoico y el oligoceno, aunque no afloran todas ellas. Unicamente se describirán las formaciones con mayor distribución en el área.

II.2.1 Esquisto taxco, consiste en esquistos cerisiticos y-cloriticos de color gris a gris claro, se supone que originalmente era una toba reolítica que sufrió un metamorfismo dinámico regional de bajo rango a bajas temperaturas apo-

yando lo anterior en la ausencia de minerales metamórficos de alta temperatura como el granate y la wollastonita. Se desconoce el espesor del Esquisto Taxco pues no ha sido alcanzada su base. Fries (1960) le asigna una edad paleozoica tardía.

Este tipo de roca aflora al este y sureste de Taxco.

II.2.2 Formación Acahuizotla. Son pequeños restos de caliza arcillosa con planos de estratificación ondulados y descansa discordantemente sobre el Esquisto Taxco. En el interior de la mina Guerrero se presenta como una lutita carbonosa. Se desconoce su espesor.

II.2.3 Formación Morelos nombre propuesto por Fries para una potente sucesión de caliza y dolomita con una amplia distribución geográfica, se presenta como una caliza de color gris oscuro, con textura aunque variable se conserva cercana a la calcilutita. En el distrito su espesor no excede de unas decenas de metros a diferenciación de como se presenta hacia el noreste donde alcanza varios cientos de metros.

II.2.4 Formación Mezcala. Son una sucesión de interestratificaciones de lutita, limolita y arenisca calcárea. Siempre es suprayacente a la Formación Morelos cuando esta ha sufrido reemplazamiento. En el interior de las minas es gris oscuro y café ocre en los afloramientos. Se distingue de la formación Morelos por la presencia de microfósiles.

II.3 ACTIVIDAD IGNEA INTRUSIVA

Existen en el distrito tres tipos de intrusiones con características que los sitúan dentro de lapsos de tiempo bastante alejados.

El tipo más antiguo consiste en diques de composición andesítica restringidas al Esquisto Taxco.

El segundo tipo consiste en diques riolíticos que con bastante frecuencia ocupan la misma fisura que las vetas, lo que sugiere un origen coomagmático aunque las vetas deben ser ligeramente posteriores ya que cortan a los diques en las ocasiones en que no les están asociadas paralelamente que es el caso más frecuente.

Por último, hay intrusiones básicas posteriores a la mineralización ya que la atraviezan cuando son diques o la desplazan en el caso de troncos. Su composición es básica.

III YACIMIENTOS MINERALES

III.1 RASGOS GENERALES

Dentro del distrito se manifiestan dos tipos diferentes - de yacimientos minerales que son: filones de fisura y -- cuerpos de reemplazamiento. La mineralización consiste - básicamente en 3 - 4 % de galena; 7 - 11 % de esfalerita; y 12 - 15 % de pirita, también se encuentran magnetita, es pecularita, proustita y pirargirita.

III.2 FILONES DE FISURA

Estos tienen lugar cuando la roca encajonante no es favorable al reemplazamiento en las tablas como es el caso de los esquistos y filitas y capas no calcáreas de la Formación Mexcala; en tales casos las soluciones mineralizantes simplemente rellenaron las cavidades preexistentes -- producto del fracturamiento o fallamiento, respetando a -- la roca huésped que sólo muestra en las partes adyacentes a la veta grados variables de endurecimiento por silificación.

III.3 FILONES DE REEMPLAZAMIENTO

Cuando las fallas o fracturas se encuentran entre rocas - calcáreas como son las capas de la Formación Morelos y al

gunas partes de la Mexcala, las soluciones mineralizantes, además del relleno de la cavidad reemplazaron en mayor o menor medida las tablas.

III.4 MANTOS DE REEMPLAZAMIENTO

Estos se encuentran en la parte inferior de la Caliza Morelos, la cual fue reemplazada por soluciones hidrotermales procedentes de las vetas. prueba de ello son las leyes más altas cerca de la intersección de los mantos con la veta.

III.5 POTENCIAL GEOLOGICO DEL DISTRITO

El cálculo de reservas en la ciudad de Taxco es hasta la fecha el siguiente:

Volúmen cubicado de reservas:

Mineral	Toneladas	Gr.	Gr.	%	%	%
Sulfuroso	métricas secas	Au	Ag	Pb	Cu	Zn
	7 789 500	0.29	141	2.7	0.11	6.6

Reservas inferidas

Estas comprenden las que se pueden calcular gracias a estudios varios realizados en las minas. En base a esta -- condición el volúmen asciende a 6.4 millones de toneladas con leyes aproximadas de 117 Gr. de Ag por tonelada, 2.2% de Pb y 7.9% de Zn, ambos valores son por tonelada.

IV FINALIDAD DEL ESTUDIO

IV.1 GENERALIDADES

Aunque el distrito minero de Taxco ha sido explotado desde hace 400 años aproximadamente, no es sino hasta la fecha cuando se ha llevado a cabo una transformación radical en cuanto a métodos de explotación se refiere, aunando a ésto la instalación de una planta de beneficio con equipo y despositivos de lo más moderno en el país.

Este trabajo está enfocado en el renglón minero a mostrar y analizar dos métodos de explotación que hasta la fecha en México sólo se han empleado en esta unidad.

Ellos son: barrenación larga horizontal a partir de contrapozos paralelos y barrenación larga vertical de nivel a nivel.

En el segundo método, se le dá especial interés a los efectos causados por los explosivos, que pueden ocasionar problemas de apreciación subjetiva por parte de los habitantes de la región.

También se presenta un estudio sobre brocas y aceros para barrenar por considerar que son un material que frecuentemente se descuida y que sin embargo es uno de los que más

altos costos nos representa en cualquier operación minera.

IV.2 METODOS DE EXPLOTACION

Hasta hace poco tiempo el método tradicional de minado en la unidad de Taxco era el tumbé sobre carga cualquiera -- que fuera la potencia de la veta.

Las características generales de las vetas y respaldos -- permiten el uso de éste y son los siguientes:

Consistencia: En la mayoría de los casos tanto las tablas como la veta podemos considerarlas como consistentes.

Inclinación. Son vetas con echados entre 75° y 86° .

Mineralización. Es uniforme en los lugares que se han cubricado.

Potencia. La potencia de las vetas varía de 0.80 m a -- 16.00 m.

En la actualidad se utilizan cuatro métodos de explota---ción en la unidad de Taxco. Para la utilización de cada uno, se parte fundamentalmente de la potencia de la veta. Si la veta varía de 1.00 m a 1.50 m se utiliza "tumbé Sobre Carga". El equipo de barrenación es ligero y la ex--tracción se realiza por medio de tolvas de madera. El --sentido de la barrenación es vertical con el objeto de --aprovechar al máximo el tiempo de esta actividad, ya que--

en caso de hacerlo en forma horizontal se requeriría un gran número de cortes para obtener el mismo metraje de barrenación. La oxidación del mineral producida por el almacenamiento del 66% de este se ve reducida grandemente por el rápido ritmo de tumbado en vetas angostas.

Si la veta varía de 1.50 m a 3.50 m se utiliza el método de "Barrenación larga horizontal a partir de contrapozos paralelos". El equipo de barrenación es ligero y la extracción se realiza mediante tolvas de madera. El tumbado se efectúa a partir de contrapozos paralelos con inclinación de 45° y separados de centro a centro 15.00 m, con barrenos horizontales de 7.00 m. de longitud. Presenta la gran ventaja de poderse extraer el mineral inmediatamente después de ser tumbado.

Si la veta varía de 3.50 m a 9.00 m. se utiliza el método de barrenación larga vertical a partir de subniveles. Se utilizan jumbos para barrenar y la extracción se realiza a partir de cruceros mediante cargadores frontales. Presenta el inconveniente de tener equipo cautivo para realizar las preparaciones de los subniveles si no se tiene una rampa de acceso a estos. Si la veta varía de 9.00 m. en adelante se utiliza el método de barrenación larga vertical de nivel a nivel, con barrenos de 12.70 mm. de diámetro y una longitud de 60.00 espaciados 4.00 m. La extracción se efectúa desde cruceros mediante cargadores frontales. Se efectúa la barrenación mediante un Jumbo con rotación y percusión independientes que permite desarrollar barrenos de gran profundidad sin perder eficacia.

Como se verá posteriormente es un método altamente productivo.

V. ANALISIS DEL METODO DE EXPLOTACION POR BARRENACION LARGA HORIZONTAL A PARTIR DE CONTRAPOZOS PARALELOS

V.1 DESCRIPCION DEL METODO

Se inicia a partir de una serie de contrapozos paralelos a 45° a rumbo de veta, dados desde un nivel a una distancia de 15.00 m, estos comunicarán a un nivel superior. Desde ellos se barrenará hacia ambos lados una longitud de 7.00 m. disparándose cortes de 1.50 m. Ver plantilla No. 1. La extracción del mineral se hará por medio de tolvas de madera situadas en forma equidistante.

La veta que tomaremos para ejemplificar este método tiene una potencia de 2.00 m. un echado de 75° y comprenderá un bloque de 60,00 m. de longitud por 50.00 m. de altura.

V.2 OBRAS DE PREPARACION

Se requiere de ocho pequeños contrapozos espaciados 7.50m. de centro a centro para la instalación de tolvas de madera, su longitud será de 3.50 m. localizándose estos al bajo de la veta, una vez realizados se colocan las tolvas y se comunican entre sí por medio de contrapozos a 45° . Para lograr lo anterior se requiere de 7.00 m. de cuele en cada una de las preparaciones. En esta forma nos queda un pilar de cabeza en el nivel de aproximadamente 4.30 m. que para la potencia de la veta es más que suficiente. A continuación se desplantan los contrapozos a 45° hasta el

nivel superior, estos serán cuatro con un cuele de -- 65.00 m. cada uno. Llevarán tres líneas de tubería, -- una para suministro de agua y dos para alimentación de aire; que se utilizarán para barrenar la primera y ventilar el lugar, expulsar los gases después de la disparada y señal para la supervisión la segunda, las tres -- líneas se llevan ancladas a la parte superior de una de las tablas, llevando en la opuesta una cadena de acero de 6 mm. de diámetro sujeta a ganchos acuñados para facilitar el acceso. Una vez que se llevan 10.00 m. de -- avance se instala un tablero eléctrico para hacer los -- disparos desde el nivel.

Cuando se terminan de colar los contrapozos se procede a conectar las tuberías de agua y aire que se utiliza-- rán en la etapa de tumbé. La que se usaba para ventila-- ción es retirada. Posteriormente se iniciará la instala-- ción de escaleras de madera del nivel superior al ini-- cio de las cortes.

El desarrollo de estas obras se hará con máquinas perforadoras Gardner - Denver modelo SF85 con un consumo de -- 100 pies³/ Min. a una presión de 85 Lbs./ Pul². En esta zona tienen una velocidad de penetración de 30 cm/Min. -- se utilizan dos barras para dar barrenos de 1.60 m. de -- longitud.

El tumbé con éste método nos proporcionará el 10% de la producción diaria equivalente a 300 ton./día, es obvio -- que cuando terminemos de extraer un bloque lo ideal es --

contar con otro totalmente preparado para no perder el ritmo de producción. Un bloque se tira en 51 días por lo que cuando menos en ese tiempo se debe preparar otro.

Basados en lo anterior se requiere lo siguiente:

Obras	Metros Necesarios	Total
Ocho contrapozos para tolva	3.50	28.00
Dieciseis contrapozos para comunicar las tolvas	3.50	56.00
Cuatro contrapozos a 45°	65.00	<u>260.00</u>
	TOTAL	344.00 m.

Estas obras se llevarán a dos turnos con tres máquinas -- efectivas en cada uno de ellos, cada máquina nos dará un cuele de 1.50 m/turno.

Otra obra a realizar en esta etapa es el empareje de la -- parte inferior del bloque, que servirá de ranura en la -- etapa de tumbe.

Los contrapozos tendrán una sección de 2.00 m por 2.10m y se requiere para ello de 21 barrenos. Considerando que -- cada disparada tiene un fuqueo de 10 cm. los barrenos de-- berán tener una longitud de 1.60 m. Ver plantilla No. 2.

contar con otro totalmente preparado para no perder el ritmo de producción. Un bloque se tira en 51 días por lo que cuando menos en ese tiempo se debe preparar otro.

Basados en lo anterior se requiere lo siguiente:

Obras	Metros Necesarios	Total
Ocho contrapozos para tolva	3.50	28.00
Dieciseis contrapozos para comunicar las tolvas	3.50	56.00
Cuatro contrapozos a 45°	65.00	<u>260.00</u>
	TOTAL	344,00 m.

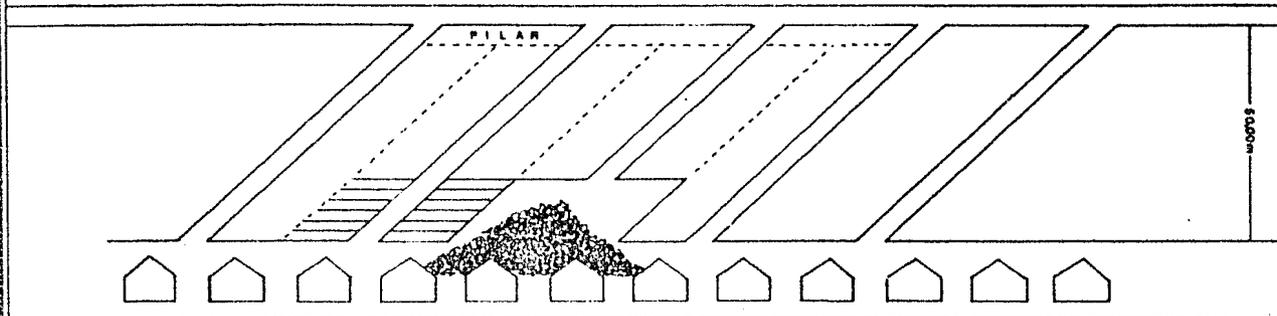
Estas obras se llevarán a dos turnos con tres máquinas -- efectivas en cada uno de ellos, cada máquina nos dará un-cuele de 1.50 m/turno.

Otra obra a realizar en esta etapa es el empareje de la -- parte inferior del bloque, que servirá de ranura en la -- etapa de tumbe.

Los contrapozos tendrán una sección de 2.00 m por 2.10m y se requiere para ello de 21 barrenos. Considerando que -- cada disparada tiene un fuqueo de 10 cm. los barrenos de-berán tener una longitud de 1.60 m. Ver plantilla No. 2.

SECCION LONGITUDINAL

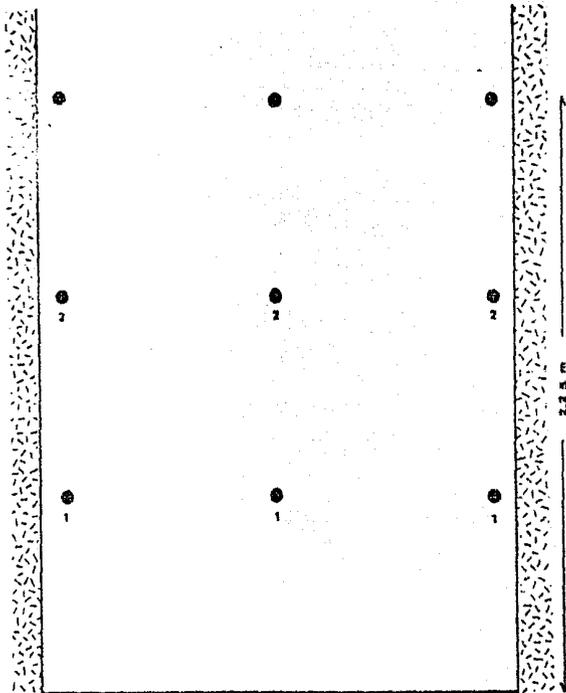
15,00m



TUNBE POR EL SISTEMA DE CONTRAPOZOS PARALELOS
AL RUMBO DE LA VETA Y BARREACION LARGA.

U	N	A	M
FACULTAD DE INGENIERIA			
METODO DE EXPLOTACION			
TESIS PROFESIONAL			
MARIO AGUIRRE CASTILLO			
FIGURA No 1		1977	

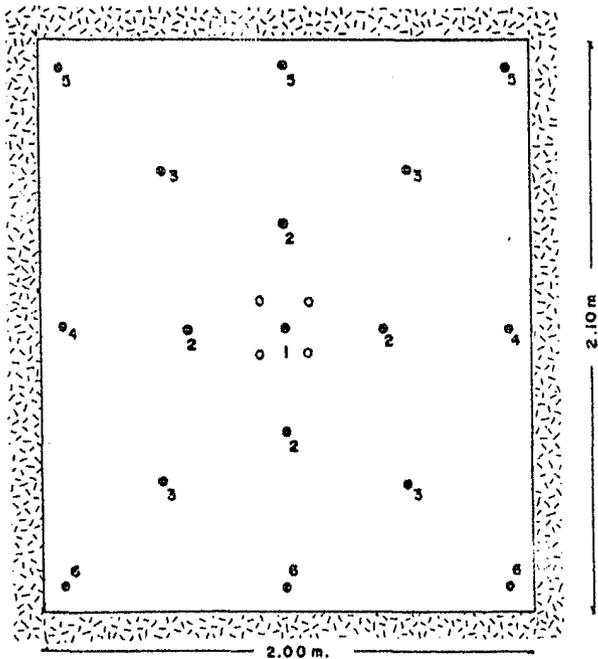
23-A



2.00 m

0 25 50 75 100

U N A M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PLANTILLA DE BARRENACION No 1 PARA TUMBE	
TESIS PROFESIONAL	
MARIO AGUIRRE CASTILLO	
	1977



U N A M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PLANTILLA N°2 BARRENACION CONTRAPOZOS A 45°	
TESIS PROFESIONAL	
MARIO AGUIRRE CASTILLO	
1977	

Las principales actividades invierten el siguiente tiempo durante el turno.

Barrenación, la longitud total de barrenación por chiflón es:

$$(21 \text{ barrenos}) (1.60 \text{ m.}) = 33.60 \text{ m.}$$

El tiempo empleado en realizarlo

$$\frac{33.60}{0.3} = 112 \text{ Min}$$

Amacizar y regar 30 Min.

Cambiar fierros 11 Min.

Preparación de equipo y guardado 30 Min.

Transporte de explosivos 30 Min.

Cargar y disparar 45 Min.

Total 258 Min.

Considerando que el tiempo efectivo de trabajo por turnos de 360 minutos, se observa claramente que el trabajo se puede realizar perfectamente con una máquina.

V.3 CALCULO DE COSTOS

V.3.1 AIRE COMPRIMIDO

El consumo de las máquinas es de 100 pies³/Min. a una presión de 85 Lbs/Pul² y se requiere de 112 minutos para dar los barrenos necesarios.

$$(112) (100) = 11200 \text{ Pies}^3$$

considerando un 20 % entre cargar y pérdidas,

$$(11200) (1.20) = 13440 \text{ Pies}^3$$

El costo del millar de pies³ de aire comprimido es de --
\$0.97 (1)

$$(13.44) (0.97) = \$ 13.04/\text{disparo}$$

El costo por metro lineal de avance es:

$$\frac{13.4}{1.5} = \$ 8.69$$

(1) Costo proporcionado por ingeniería industrial.

V.3.2 EQUIPO DE BARRENACION

El costo de una perforadora es de \$34000.00 y el de mantenimiento y refacciones del 50 % de su valor. Se depreciarán a tres años.

Valor	\$34000.00
Mantenimiento	<u>17000.00</u>
TOTAL	\$ 51000.00

Depreciación por turno

$$(3) (300) (2) = 1800 \text{ turnos}$$

$$\frac{51000.00}{1800} = \$ 28.33 \text{ Turno}$$

Se usarán dos perforadoras en cada contrapozo por si alguna llega a fallar, por lo que el costo por metro lineal de avance es:

$$\frac{(28.33) (2)}{1.50} = \$ 37.78$$

V.3.3. ACERO Y BROCAS PARA BARRENAR

En general en todas las obras de preparación usaremos barras hexagonales de cono de 22.2 cm. (7/8") de sección, y brocas de cuatro insertos en forma de cruz de 34.9 mm. (1 3/8") y 38.1 mm. (1 1/2") de diámetro respectivamente.

Los costos de las barras son las siguientes:

Barra de 0.80 m.	\$231.00
Barra de 1.60 m.	<u>\$400.00</u>
TOTAL	\$631.00

Estas al ser rehabilitadas del zanco o del cono arrojan un gasto total aproximado del 25 % del valor de la barra, teniendo una vida promedio de 1000.00 m. barrenados el juego.

El costo total de las barras incluyendo sus reparaciones es de (631.00) (1.25) = \$ 788,75

El costo de barras por metro barrenado es

$$\frac{788.75}{1000} = \$0.79$$

Las brocas tienen un promedio de vida de 50,00 m y un valor de \$ 200,00

Costo de broca por metro barrenado

$$\frac{200}{50} = \$ 4.00$$

El costo de acero y brocas por metro barrenado es de \$4.79

El costo de acero y brocas por metro lineal de avance es:

$$\frac{(33.60) (4.79)}{1.50} = 107.30$$

Posteriormente en el capítulo X se da una explicación para la selección de estos materiales.

IV.3.4 TUBERIAS Y VARIOS

Como se mencionó anteriormente se llevarán tres líneas de 25.4 mm, (1").

El tramo de 6,00 m. tiene un valor de \$ 150.00 por lo que el metro resultará a \$ 25.00. Como se requieren tres líneas -

$$(25) (3) = \$ 75.00$$

Los accesorios se pueden considerar como de un 20 % del valor de la tubería, por lo que su valor es de (75.00) (1.20)=

\$90.00/metro

Pero hay que considerar que cuando menos se vuelve a utilizar en otra ocasión por lo que el costo por metro lineal podemos considerar se reduce a la mitad igual a \$45.00

La cadena, ganchos y cable para disparar por medio de tablero arrojan un costo de \$ 11.25 por metro lineal de avance.

V.3.5 MANGUERAS

Se utilizan mangueras de alta presión con diámetros de 25.4 mm. (1") y 9.5 mm. (3/8") para aire y agua respectivamente con una longitud de 15,00 m.

Manguera de 25.4 mm de diámetro \$1375.00

Manguera de 9.5 mm de diámetro \$326.00

TOTAL \$1701.00

Es conveniente trabajar con una manguera extra de cada una, por lo que el valor total es de \$3402.00. Su duración se estima en 250 turnos.

Por lo tanto el costo de mangueras por metro lineal de avance es:

$$\frac{3402.00}{(250)(1.50)} = \$9.07$$

V.3.6 EXPLOSIVOS

El diámetro de los barrenos es de un promedio 36.5 mm y - una longitud de 1.60 m.

Cálculo del volúmen de cada barreno

$$V = \pi r^2 h$$

$$V = (3.142) (1.825)^2 160 = 1674.15 \text{ cm}^3$$

Usaremos supermexamón que tiene una densidad de 0.75 gr/cm³ cuando se inyecta con cargador neumático.

Usaremos como carga de fondo un bombillo de gelamex No. 2 que tiene una longitud aproximada de 20 cm. y se dejará - un taco de 30 cm.

Para llenar el barreno se necesitarían

$$\frac{(1674.15) (0.75)}{1000} = 1.25 \text{ kg.}$$

Equivalente a 0.78 Kg/m barrenando

Se pegan 17 barrenos, 4 se utilizan sin cargar para la cuña que es del tipo quemada. El consumo total de supermexamón es el siguiente:

$$(17) (1.10) (0.78) = 14.98 \text{ Kg.}$$

Se utilizarán 17 bombillos de gelamex No. 2 y 34.00 m de cañuela negra equivalente a 2,00 m por barreno.

Costo de explosivos y artificios	Precio unitario	Total
14.98 Kg de supermexamón	3.47	51.98
17 bombillos de gelamex No. 2	1.37	23.29
34.00 m de cañuela negra	1.75	59.50
17 conectores	0.63	10.71
17 cápsulas No. 6	0.75	12.75
10.00 m de alambre thermalita	1.74	<u>17.40</u>
	TOTAL	<u>\$175.63</u>

Costos de explosivos por metro lineal de avance

$$\frac{175.63}{1.50} = \$117.09$$

V.3.7 MANO DE OBRA

Las obras de destajo tienen una bonificación que se liquida en la forma siguiente:

(liquidación - sueldo) = bonificación

Necesitamos un perforista y su ayudante por máquina.

Sueldo de perforista \$100.21 incluye 7o. día

Sueldo ayudante perforista 94.00 incluye 7o. día

Como liquidación se paga la ampliación a \$24.51 m³ La sección normal de un contrapozo es de 1.80 m por 2.00 m y en nuestro caso tienen 2.00 m por 2.10 m que excede 0.20 m en lo ancho y representa 0.42 m³ extra.

El metro lineal de contrapozo se liquida a \$ 240.00 por - lo que tenemos:

$$(1.50) (240.00) = \$ 360.00$$

$$(0.42) (24.51) = \frac{10.29}{\text{TOTAL } \$ 370.29}$$

La bonificación será igual a:

$(370.29) - (194.21) = \$185.08$ que será repartida de acuerdo a la categoría del trabajador.

El total de la mano de obra y bonificación es $(185.08) + (194.21) = \$370.29$.

El costo de mano de obra por metro lineal de avance es:

$$\frac{370.29}{1.50} = \$ 246.86$$

V.3.8 RESUMEN DE COSTOS OBRAS DE PREPARACION

Aire comprimido	8.69
Equipo de barrenación	37.78
Acero y brocas para barrenar	107.30
Tuberías	45.00
Varios	11.25
Mangueras	9.07
Explosivos	117.09
Mano de obra	246.86
Costo por metro lineal de avance	\$ 583.04

V. 4 OBRAS ACCESORIAS

V.4.1. TOLVAS

Cada tolva tiene un valor de \$ 3500.00 y se colocarán un-
total de 8. $(8) (3500.00) = \$ 28000.00$

Por concepto de mano de obra, cada tolva es instalada por un palero y su ayudante en tres turnos.

Sueldo de palero \$ 95.00 incluyendo 7o. día.

Sueldo de ayudante \$86.00 incluyendo 7o. día

$$(95.00) (3) + (86) (3) (8) = \$ 4344.00$$

El total por material y mano de obra es igual a \$32344.00 por bloque.

V.4.2 CAMINOS EN LOS CONTRAPOZOS

Como se mencionó anteriormente se instalarán escaleras en los cuatro contrapozos con la finalidad de proporcionar el acceso para barrenar en la etapa de tumbe.

Las escaleras son de madera y tienen una longitud de 6.00 m, por lo que en cada contrapozo utilizaremos once, estas irán clavadas a travesales de madera de 76.2 mm de sección cuadrada.

Cada escalera tiene un valor de \$175.00 y los travesales en total arrojan un valor de \$ 1500.00.

$$(175.00) (44) + (1500.00) = \$9200.00$$

Por concepto de mano de obra, cada camino se instala por un palero y su ayudante en tres turnos, por lo que el costo es igual al de la instalación de una tolva, que corresponde a \$ 543.00

El total por material y mano de obra es igual a (543.00)
 (4) + (9 200.00) = \$ 11372.00

V.4.3 RESUMEN DE COSTOS DE OBRAS ACCESORIAS

Tolvas	\$ 32344.00
Caminos	<u>\$ 11372.00</u>
TOTAL	\$ 43716.00

V.4.4 COSTO DE PREPARACION POR TONELADA

Se requieren 344.00 m de contrapozo con valor de \$583.00-
 el metro lineal (344.00) (583.00) = \$ 200 552.00

El costo de las obras accesorias es de \$ 43 716.00 lo que
 nos dá un total de \$ 244 268.00

El block al que nos referimos cuenta con 16 000.00 ton. -
 extraibles, por lo que el costo directo de obras de prepara-
 ción por tonelada es:

$$\frac{244\ 268.00}{16\ 000.00} = \$ 15.27/ \text{ ton.}$$

VI TUMBE

La barrenación de 7.00 m de longitud para el tumbé se --
hará desde una plataforma montada en los travesales --
irán del alto al bajo del contrapozo sobre sillas de ace-
ro, con sección de 10.1 cm (4") por 7.6 m (3").

En los primeros barrenos no es necesaria si la carga de --
la preparación no ha sido extraída lo cual es conveniente
en esta primera etapa.

También es recomendable dar cuando menos tres hiladas al-
iniciarse la barrenación, para después pegar de dos en dos,
Lo anterior tiene como finalidad facilitar la barrenación
de los chocolones para las sillas.

En ésta etapa la supervisión deberá vigilar extrictamente
el buen desempeño de todas las actividades, por no ser co-
nocidas por la generalidad del minero,

El tiempo efectivo por turno es de 360 Min. A continua--
se muestra el tiempo medio en cada una de las actividades
durante el ciclo de trabajo.

Instalar plataforma para barrenar 90 Min.

Tiempo para dar un barreno de 7.00 m de longitud a una velocidad promedio de 0.25 m/ Min. 28 Min.

Acoplar, engrasar y desacoplar barras en cada barreno 10 Min.

Dar ocho barrenos de 90 cm. para - instalar nueva plataforma 30 Min.

Soplar, cargar barrenos y conectar 60 Min.

Quitar plataforma y escalera 60 Min.

Checar linea y disparar 15 Min.

Enseguida se muestran los trabajos a desarrollar en dos turnos.

En el primer turno se hará lo siguiente:

Poner plataforma 90 Min.

Dar siete barrenos de 7.00 m considerando el acoplamiento 266 Min.

TOTAL 356 Min.

En el segundo turno se hará el siguiente trabajo:

Dar cinco barrenos de 7.00 m considerando el acoplamiento	190 Min.
Dar ocho barrenos de 90 cm cada uno para las sillas	30 Min.
Soplar cargar barrenos y conectar	60 Min.
Quitar plataforma y escalera	60 Min.
Checar linea y disparar	15 Min.
TOTAL	355 Min.

VI.1 CALCULO DE COSTOS DIRECTOS

Los bloques que se tumbarán son de 7.00 m. de longitud, 2.00 m de ancho y 1.50 m de altura y con un peso específico del mineral de 2.8 equivale a:

$$(14.00) (2.00) (1.50) (2.8) = 177.60 \text{ Ton.}$$

VI.1.1 AIRE COMPRIMIDO

De acuerdo a la plantilla No. 1 se requiere de doce barrenos para tirar un bloque, $(12) (38) = 456 \text{ Min.}$, y sabemos -

las máquinas tienen un consumo de 100 pies³/Min. el consumo de aire para barrenar un block es de 45 600 pies³ más un 20 % entre cargar y pérdidas (45 600) (1,20) = 54 720 pies³.

El millar de pies cúbicos de aire comprimido cuesta \$0.97

Por lo que el costo de aire comprimido por tonelada es de

$$\frac{(54.72) (0.97)}{177.60} = \$0.45$$

EQUIPO DE BARRENACION

La depreciación de las máquinas por turno es de \$28.39, - se utilizarán dos máquinas por lugar,

El costo de equipo de barrenación por tonelada es:

$$\frac{(28.39) (2)}{117.60} = \$0.48$$

VI.1.2 ACERO PARA BARRENAR

Cada barra de acero acoplable hexagonal de 22.2 mm. de -- sección y 1.20 m de longitud tiene un valor de \$400.00, - los coples \$75.00 y las brocas de 40.0 mm. (1 5/8") de diá metro \$ 450.00

Para un barrenado se requieren seis barras, el juego tiene una vida promedio de 2 000.00 m, el valor del juego es de \$ 2400.00 . El costo por metro barrenado es de \$ 1.20

Las brocas tienen una vida promedio de 100.00 m y reciben un total de tres afiladas. El costo por metro barrenado es de \$ 4.50

Los coples para unir las barras tienen una vida promedio de 2000.00 m. se requieren cinco para un barrenado de 7.00m, por lo que el valor del juego es de \$ 375.00 El costo -- por metro barrenado es de \$ 0.19

El costo total de acero, brocas y coples por metro barrenado es de \$ 5.89

Requerimos 84 mtros barrenados para tumbar un bloque por lo que el costo por tonelada es de:

$$\frac{(84) (5.98)}{117.60} = \$ 4.20$$

VI.1.3 MANGUERAS

La depreciación por turno es de \$ 13.61, por lo que el costo por tonelada es de

$$\frac{(13.61) (2)}{117.60} = \$0.23$$

VI.1.4 EXPLOSIVOS

Se utilizará supermexamón, gelamex No. 2, cordón detonante y conectores de retardo M.S. El volumen de un barrenamiento efectuado con una broca de 40 mm. (1 5/8") de diámetro y 7.00 de longitud es: $V = \pi r^2 h$.

$$V = (3.14) (2.00)^2 (700.00) = 8796.46 \text{ cm}^3$$

El supermexamón inyectado tiene una densidad de 0.75 gr/cm³, por lo tanto tenemos:

$$\frac{(8796.46) (0.75)}{1000} = 6.60 \text{ Kg}$$

Equivalente a 0.94 Kg/m. barrenado

Se utilizan dos bombillos como carga de fondo que ocuparán aproximadamente 40 cm. lineales del barrenamiento y se dejará un taco de 70 cm.

El mexamón necesario por bloque es (5.90) (0.96) (12) = 67.97 Kg.

Bombillos se requieren 24

Cordón detonante se utilizará 7.60 m. por barrenamiento por lo que la cantidad total necesaria es de 90.20 m.

Se requiere también un conector de retardo M.S. y una cañuela de 1.00 m.

Costos de explosivos y artificios	precio unitario	total-
67.97 Kg. de supermexamón	3.47	235.86
24 bombillos de gelamex No. 2	1.37	32.88
91.20 m de cordón detonante	2.00	182.40
1 retardador M.S.	12.00	12.00
1.00 m de cañuela	1.75	1.75
1 cápsul No. 6	0.75	0.75
1 conector	0.63	<u>0.63</u>
	TOTAL	\$466.27

El costo de explosivos por tonelada es

$$\frac{466.27}{117.60} = \$3.96$$

La cantidad de explosivos se variará de acuerdo a los resultados obtenidos. Es muy posible que se tengan que -- usar espaciadores para reducir la cantidad de explosivos -- por barreno dada la dificultad de separar más la distan-- cia entre hiladas de barrenos y el no contar con explosivos de menor densidad.

VI.1.5 MANO DE OBRA

Se necesita cinco hombres en los dos turnos.

Sueldo de dos perforistas \$200.42 incluye 7o. día

Sueldo de dos ayudantes de
perforista 188.00 incluye 7o. día

*Sueldo de un rezagador 89.50 incluye 7o. día

Como bonificación se les otorgará el 25% de su sueldo.

Costo de mano de obra por tonelada

$$\frac{597.40}{117.60} = \$5.08$$

* Se utiliza en los siguientes turnos.

VI.1.6 RESUMEN DE COSTOS TUMBE

Aire comprimido	0,45
Equipo de barrenación	0.48
Acero y brocas para barrenar	4.20
Mangueras	0.23
Explosivos	3.96
Mano de obra	5.08
	<hr/>
TOTAL	\$ 14.40

VI.2 RESUMEN DE COSTOS FINAL

Costo por tonelada en obras de preparación \$ 15.26

Costo por tonelada en tumbe	\$ 14.40
TOTAL	<hr/>
	\$ 29.66

VI.3. CONCLUSIONES

Se puede observar con la aplicación de este método lo siguiente:

Ventajas.

- Se cuenta con mineral que puede ser extraído de inmediato, evitando la alteración del mismo, razón por la cual se elevarán las recuperaciones en la planta de beneficio.
- El no tener que entrar el personal a las zonas previamente disparadas eleva en un alto rango la seguridad.
- El costo por tonelada es menor que el arrojado por el de tumble sobre carga en este tipo de vetas.

Desventajas.

- Las obras de preparación son muchas y representan el 54 % del costo total por tonelada tumbada.
- Se requiere de una mejor supervisión, sobre todo al inicio.

- ciar la implantación del método en la etapa de tumbe.

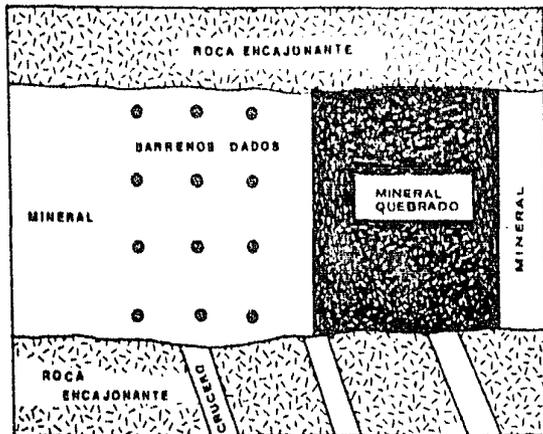
VII METODO DE EXPLOTACION POR BARRENACION LARGA VERTICAL DE NIVEL A NIVEL.

VII.1 DESCRIPCION DEL METODO

La veta que tomaremos para ejemplificar el método, tiene una potencia de 15,00 m un echado de 81° y comprenderá un bloque de 100,00 m de longitud por 60,00 m de altura.

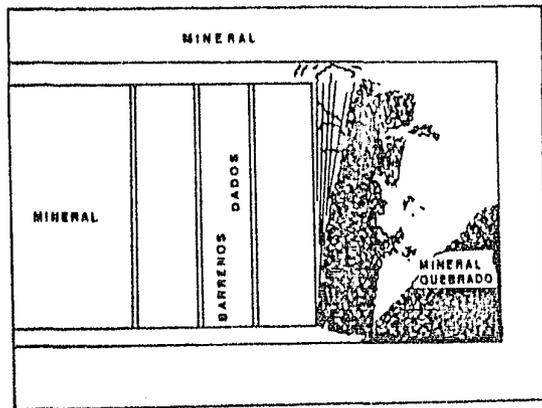
Este método se utilizó por primera vez en Canadá en el año de 1972. Consiste principalmente en aprovechar las experiencias obtenidas en las explotaciones a tajo abierto aplicándolas a obras subterráneas. Para ello se requiere ampliar a todo lo ancho de la veta los niveles superior e inferior y en éste último colar un contracañón al bajo de la veta y crueros localizados a cada 15,00 m para la extracción del mineral tumbado y realizar una renura para proporcionar una cara libre adecuada para las disparadas.

La barrenación se realiza con máquinas, que cuentan con sistema de rotación - percusión independientes, por ser las adecuadas en barrenos de grandes longitudes, tendrán una inclinación de 81° con respecto a la horizontal, 12,70 cm (5") de diámetro y una longitud de 60,00 m, espaciados en forma cuadrangular a cada 4,00 m. Se espera obtener con la utilización de éste método el 60 % de la producción total. (Ver, Fig. No. 2).

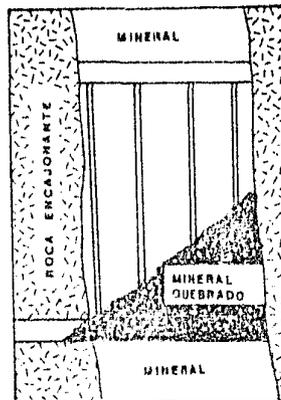


SECCION HORIZONTAL

Tumbo por el sistema de barrenos largos verticales de nivel a nivel.



SECCION LONGITUDINAL



SECCION TRANSVERSAL

U N A M
FACULTAD DE INGENIERIA

METODO DE EXPLOTACION
FIGURA No 2

TESIS PROFESIONAL
MARIO AGUIRRE CASTILLO

1977

VII.2 AMPLIACION DE LOS NIVELES

Los niveles normales en esta mina tienen dimensiones de - 2.00 m de ancho por 2.40 m de altura colados a 1.00 m de - la tabla del bajo y 12.00 m de la de el alto.

Se usarán máquinas perforadoras Gardner Denver SF85 en todas las obras de preparación. El rezagado se realizará -- con un auto-cargador frontal Wagner con capacidad de cucha ron de 1.53 m^3 (2 y d^3)

Se utilizará este cargador frontal, por ser el que por sus dimensiones puede ser introducido con mayor facilidad y ra pidez a obras mineras existentes de tamaño reducido.

Tomando en cuenta que este método proporcionará el 60 % de la producción equivalente a 1800 Ton. diarias y que el blo que en estudio tiene 230 000 Ton. extraibles, su duración- es de 126 días, tiempo en el cual se debe tener preparado- ya otro bloque.

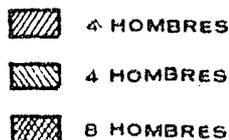
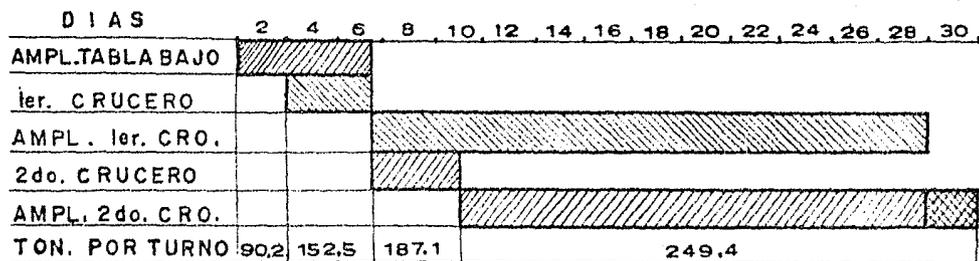
VII.3 AMPLIACION DEL NIVEL SUPERIOR

Para la ampliación del nivel superior se necesitan las - siguientes obras. Ampliación del cañón hacia el bajo de -

la veta con barrenos horizontales y un ángulo de 60° con respecto al cañón espaciados 80 cm. Dos cruceros hacia el alto de la veta espaciados 50.00 m de centro a centro con una inclinación de 60° con respecto al cañón, 13.90 m de longitud y 3.50 m de ancho por 3.50 m de altura (estas dimensiones son requeridas por el equipo de barrenación - largo) con objeto de proporcionar caras libres y efectuar la ampliación como desborde hacia el cañón.

Este trabajo se puede realizar en 30 días a dos turnos -- con ocho hombres barrenando en cada uno de ellos, de acuerdo a la distribución de trabajo siguiente.

A excepción de los primeros dos días, siempre trabajarán ocho hombres barrenando, por lo que los cálculos se harán con estos últimos datos.



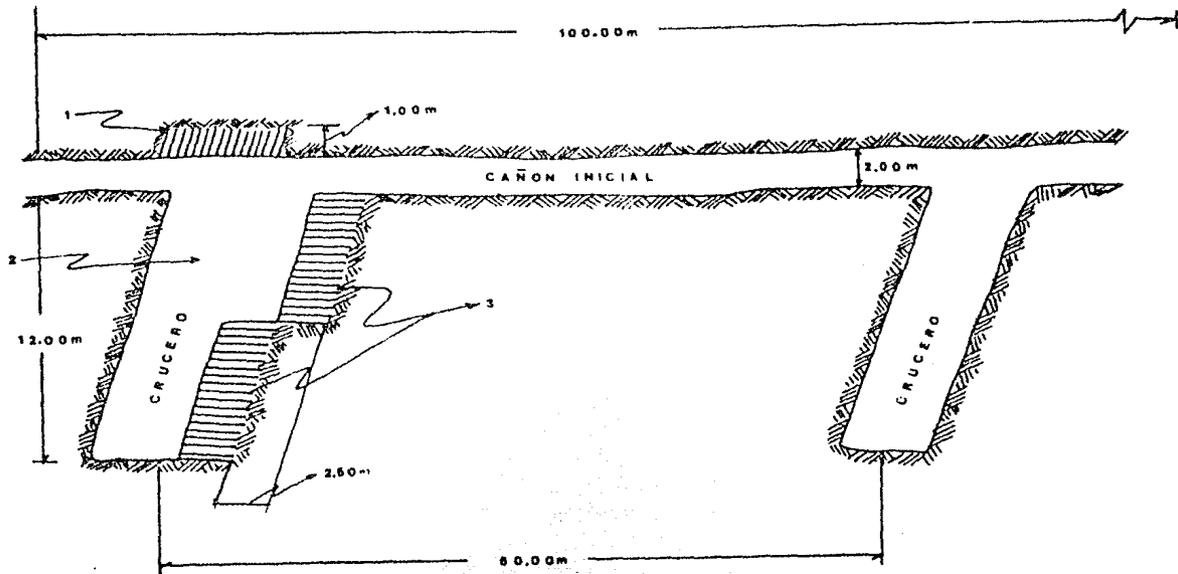
- (1) Ampliación hacia el bajo de la veta con barrenos a 60° con respecto al cañón y espaciados 0.80 m.
- (2) Crucero hacia el alto de la veta a 60° con respecto al cañón. Se puede observar la amplia cara de ataque proporcionada para barrenar en forma paralela al cañón.
- (3) Ampliación de los cruceros desbordando hacia el cañón inicial con cortes de 2.10 m.

VII.3.1 AMPLIACION DEL CAÑON AL BAJO DE LA VETA

Los barrenos tendrán una longitud de 1.20 m y se darán -- 32 por máquina equivalente a un avance de 4.60 m de acuerdo a la distribución mostrada en la figura No. 3

La longitud total de barrenación por máquina es de 38.40 m y el tiempo empleado en realizarla tomando en cuenta una velocidad de 0.30 m por minuto es de:

$$\frac{38.40}{0.30} = 128 \text{ Min.}$$



U N A M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
AMPLIACION DE LOS NIVELES	
SUPERIOR E INFERIOR	
TESIS PROFESIONAL	
MARIO AGUIRRE CASTILLO	
FIGURA No 3	1977

V-5/P

Amacizar y regar	30
Cambiar fierros	16
Preparación de equipo y guardado	30
Transporte de explosivos	30
Cargar y disparar	60
TOTAL	<u>294 Min.</u>

Se observa claramente que es una actividad que se puede realizar en un turno, con dos máquinas efectivas trabajando.

VII.4 CALCULO DE COSTOS

VII.4.1 AIRE COMPRIMIDO

Consumo por máquina 100 pies³/Min. Longitud barrenada necesaria 38.40 m. Tiempo empleado en barrenar 128 Min.

Consumo de aire necesario considerando un 20 % en cargar y pérdidas, $(128) (100) (1.20) = 15360 \text{ pies}^3$

El millar de pies cúbicos de aire comprimido tiene un costo de \$ 0.97, por lo que el costo de aire comprimido por metro de ampliación es:

$$\frac{(15.360)(0.97)}{4.60} = \$3.24$$

VII.4.2 EQUIPO DE BARRENACION

La depreciación por turno usando dos máquinas disponibles en cada lugar es de \$56.66 por lo que el costo de equipo para barrenar por metro de ampliación es de:

$$\frac{56.66}{4.60} = \$12.32$$

VII.4.3 ACERO Y BROCAS PARA BARRENAR

Acero de 2.2 mm. (7/8"), brocas de cruz de 34.9 mm y 38.1mm de diámetro respectivamente.

El costo de acero y brocas por metro barrenado es de \$4.79. La longitud total barrenada por una máquina es de 38.40 m por lo que el costo de acero y brocas por metro de ampliación es:

$$\frac{(38.40)(4.79)}{4.60} = \$39.99$$

VII.4.4 MANGUERAS

El costo de mangueras por metro de ampliación es de:

$$\frac{13.61}{4.60} = \$2.95$$

VII.4.5 EXPLOSIVOS

Se utilizará supermexamón, un bombillo de gelamex No. 2 - como carga de fondo y se dejará un taco de 30 cm.

Se pegan 32 barrenos que arrojan una longitud cargable de 32.00 m considerando lo que mide el bombillo y el taco. - Se utilizarán 0.78 kg. de supermexamón por metro barrenado.

Por lo tanto se requieren 24.96 Kg. de supermexamón, 64.00 m de cañuela negra y 32 bombillos de gelamex No. 2

Costo de explosivos y artificios	Precio Unitario	Total
24.96 Kg. de supermexamón	3.47	86.61
32 bombillos de gelamex No. 2	1.37	43.84
64 m de cañuela negra	1.75	112.00
32 conectores	0.63	20.16
32 capsules No. 6	0.75	24.00
15 m de alambre Thermalita	1.74	26.10
		<u>TOTAL \$312.71</u>

El costo de explosivos por metro de ampliación es:

$$\frac{312.71}{4.60} = \$67.98$$

VII.4.6 MANO DE OBRA

Ya se vió que el sueldo de un perforista y su ayudante incluyendo el 7o. día es de \$194.21 y que el m³ de ampliación se paga a \$ 24.51. En cada disparo se tumban --- (1.00) (3.50) (4.60) = 16.10 m³ equivalentes a \$394.61. El total de bonificación es (394.61) - (194.21) = \$200.40 esta es la cantidad que aparte de su sueldo se repartirá entre los trabajadores.

El total de sueldo y bonificación es de \$394.61, por lo -
que el costo de mano de obra por metro de ampliación es -

$$\frac{394.61}{4.60} = \$ 85.79$$

VII.4.7 RESUMEN DE COSTOS

Aire comprimido	3.24
Equipo de barrenación	12.32
Acero y brocas para barrenar	39.99
Mangueras	2.95
Explosivos	67.98
Mano de obra	<u>85.79</u>
	TOTAL \$ 212.27

\$212.00 es el costo de 1.00 m de ampliación

El tonelaje por 1.00 m de ampliación es de 9.80 ton. por-
lo que el costo de ampliación por tonelada es de:

$$\frac{212.27}{9.80} = 21.66 *$$

*Sin tomar en cuenta el rezagado.

VII.5 CRUCERO HACIA EL ALTO DE LA VETA

El cuele se hará mediante barrenos de 2.20 m de longitud y se requiere de 42 para dar las dimensiones descritas -- anteriormente (Ver plantilla No. 4)

La longitud barrenada necesaria es de 92.40 m y se efectúa en:

$$\frac{92.40}{0.3} = 308 \text{ Min.}$$

Utilizando dos máquinas el tiempo se reduce a la mitad.

Barrenar	154 Min.
Amacizar y regar	30
Cambiar fierros	21
Preparación de equipo y guardado	30
Transporte de explosivos	30
Cargar y disparar	<u>75</u>
TOTAL	340 Min

Trabajo que se puede realizar en un turno.

VIII.6 CALCULO DE COSTOS

VII.6.1 AIRE COMPRIMIDO

Longitud barrenada necesaria 92.40 m y se emplea un tiempo de 308 minutos en realizarla, por lo que el consumo de aire considerando un 20 % en cargar y pérdidas es de:

$$(308) (100) (1.2) = 36,960 \text{ pies}^3$$

a \$0.97 el millar de pies cúbicos, el costo de aire comprimido por metro de avance es:

$$\frac{36.85}{2.10} = \$17.07$$

VII.6.2 EQUIPO DE BARRENACION

La depreciación por turno máquina es de \$28.33, en estas obras se utilizarán tres máquinas. Por lo tanto el costo de equipo de barrenación por metro de avance es:

$$\frac{84.99}{2.10} = \$ 40.47$$

VII.6.3 ACERO Y BROCAS PARA BARRENAR

En este caso se utilizarán tres fierros, de 0.80 m, 1.60 m y 2.10 m respectivamente. Las tres barras tienen una duración promedio de vida de 1350.00 m y un costo de \$1231.00, tomando en cuenta el 25 % de su valor en reparaciones, su costo real es de \$ 1538.75 y el costo de acero por metro barrenado es de \$1.14.

El costo de las brocas por metro barrenado es de \$ 4.00

La longitud total barrenando necesaria es de 92.40 m. Por lo que el costo de acero y brocas para barrenar por metro de avance es:

$$\frac{(92.40) (5.14)}{2.10} = \$ 226.16$$

VII.6.4 MANGUERAS

Se requieren cuatro juegos por lo que el costo de mangueras por metro de avance es:

$$\frac{(13.61) (2)}{2.10} = \$ 12.96$$

VII.6.5 EXPLOSIVOS

Los explosivos que se usarán y las proporciones son idénticas a las presentadas en el inciso VII.4.5, variando exclusivamente la longitud barrenada cargable, que en este caso es de 64.60 m considerando que cuatro barrenos de la caña no se cargan, por lo que el supermexamón necesario es de 50.39 kg, 38 bombillos de gelamex No. 2 y 95.00 m de cañuela negra.

Costo de explosivos y artificios	Precio unitario	Total
50.39 kg. de supermexamón	3.47	\$174.85
38 bombillos de gelamex No. 2	1.37	52.06
95.00 m de cañuela negra	1.75	166.25
38 conectores	0.73	27.74
38 capsulas No. 6	0.75	28.50
15.00 m de alambre Thermalita	1.74	<u>26.10</u>
		TOTAL \$475.50

Por lo que el costo de explosivos por metro de avance es:

$$\frac{475.50}{2.10} = \$ 226.43$$

VII.6.6 MANO DE OBRA

El metro de cuele con las dimensiones mencionadas se bonifica a \$ 350.00.

Se requieren dos perforistas y dos ayudantes que arrojan un sueldo de \$ 388.42 incluyendo el 7o. día.

El cuele por disparo será de 2.10m equivalente a una bonificación de \$ 735.00 que sobrepasa el valor de la raya.

Por lo tanto el costo de mano de obra por metro de avance es:

$$\frac{735.00}{2.10} = \$350.00$$

VII.6.7 RESUMEN DE COSTOS

Aire comprimido	17.07
Equipo de barrenación	40.47
Acero y brocas para barrenar	226.16
Mangueras	12.96
Explosivos	226.43
Mano de obra	<u>350.10</u>
TOTAL	<u>873.09</u>

El costo de 1.00 m de crucero es de \$873.09, que proporciona un tonelaje de 29.70 Ton.

Por lo que el costo de crucero por tonelada es de \$29.40*

El tonelaje producido por disparo de 2.10 m es de 62.38 - Ton.

VII.7 AMPLIACION DE LOS CRUCEROS

Esta se llevará a cabo mediante barrenos de 2.20 m de longitud, con una superficie de ataque de 3.50 m² por máquina. Para esto se necesitan 24 barrenos equivalentes a una longitud de 52.80 m por máquina, y el tiempo empleado en realizarla es de 176 Min. (Ver figura No. 3).

Amacizar y regar		30 Min.
Cambiar fierros		24
Preparación de equipo y guardado (1)	30	
Limpiar parte inferior del corte (1) para los barrenos de pata	30	
Transporte de explosivos (1)	30	
Cargar y disparar		90
		<hr/>
		TOTAL 410 Min.

*Sin tomar en cuenta el rezagado.

En este caso observamos que se sobrepasa el tiempo estimado como efectivo en el turno y que es de 360 Min. La solución es aumentar un rezagador que disminuirá los tiempos de las actividades que no pertenezcan a la barrenación. - En el cuadro de tiempos se señalan las actividades que -- ayudará a realizar el rezagador con el (1).

VII.8 CALCULO DE COSTOS

VII.8.1 AIRE COMPRIMIDO

Longitud barrenada necesaria 52.80 m y se emplea un tiempo de 176 minutos en realizarla, por lo que el consumo de aire considerando un 20 % en cargar y pérdidas es de:

$$(176) (100) (1.2) = 21\ 120 \text{ pies}^3$$

a \$ 0.97 el millar de pies cúbicos el costo de aire comprimido por metro de avance es:

$$\frac{(20.49)}{2.10} = \$ 9.76$$

VII.8.2 EQUIPO DE BARRENACION

Igual que en los cruceros el costo de equipo de barrenación por metro de avance es de \$ 40.70 con tres máquinas disponibles utilizando dos efectivas.

VII.8.3 ACERO Y BROCAS PARA BARRENAR

El costo por metro barrenado es de \$ 5.14 y la longitud - barrenada necesaria es de 52.80 m, por lo que el costo de acero y brocas para barrenar por metro de avance es:

$$\frac{271,39}{2,10} = \$ 129,23$$

VII.8.4 MANGUERAS

Idéntica al inciso VII.6.4 El costo de mangueras por metro de avance es \$ 12.96

VII.8.5 EXPLOSIVOS

Los explosivos y las proporciones son iguales a las del - inciso VII.4.5 La longitud barrenada cargable es de 40.80 m, la cual requiere de 31.82 Kg. de supermexamón, 24 bombillos de gelamex No. 2 y 60.00 m de cañuela negra.

Costo de explosivos y artificios	Precio Unitario	Total
40.80 kg. de supermexamón	\$ 3.47	141.58
24 bombillos de gelamex No. 2	1.37	32.88
60 m de cañuela negra	1.75	105.00
24 conectores	0.73	17.52
24 capsul No. 6	0.75	18.00
15.00 m de alambre thermalita	1.74	<u>26.10</u>
	TOTAL	\$341.08

El costo de explosivos por metro de avance es:

$$\frac{341.08}{2.10} = \$ 162.42$$

VII.8.6 MANO DE OBRA

El m^3 se paga a \$24.51 y por cada disparo se tumban (3.50) (2.10) = 25.73 m^3 que arroja un total de \$ 630.52

El costo de mano de obra por metro lineal de avance es:

$$\frac{630.52}{2.10} = \$ 300.25$$

VII.8.7 RESUMEN DE COSTOS

Aire comprimido	9.76
Equipo de barrenación	40.47
Acero y Brocas para barrenar	129.23
Mangueras	12.96
Explosivos	162.42
Mano de obra	<u>300.25</u>
TOTAL	\$655.09 *

El costo de esta obra consiste en 1.00 m de avance paralelo al cañón, 3.50 m en dirección del crucero y 3.50 m de altura igual a 29.60 ton, que nos arroja un costo por tonelada de \$ 22.13

El tonelaje producido por disparo con dos máquinas es de 124.71 ton.

* Sin tomar en cuenta el rezagado

VII.9 COSTO PROMEDIO POR TONELADA TUMBADA EN PREPARACION

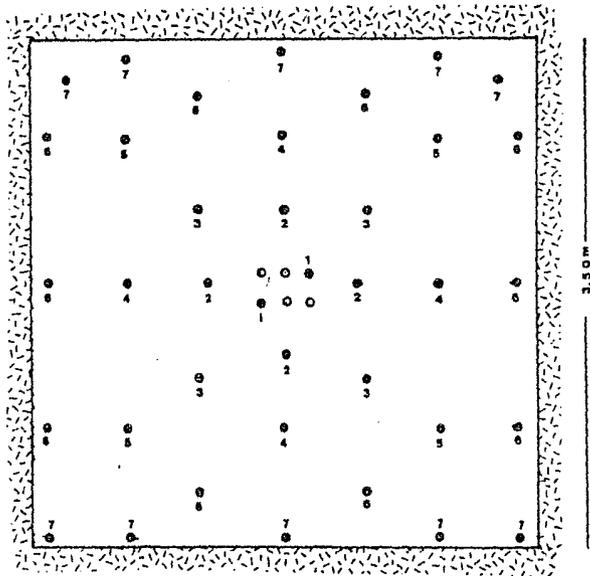
OBRA	TONELAJE PRODUCIDO	COSTO POR TONELADA	TOTAL
Ampliación al bajo de la veta	980.00	\$21.66	21226.80
Cruceros	823.20	\$29.40	24202.08
Ampliación de cruceros	10936.80	\$22.13	242031.38
TOTAL	12740.00		287460.26

El costo promedio de tonelada tumbada en preparación es:

$$\frac{287460.26}{12740.00} = \$22.56$$

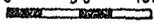
VII.10 REZAGADO

Para esta tarea se utilizará un autocargador con capacidad de cucharón de 1.53 m^3 (2 yd^3), la distancia para vaciar tendrá un promedio de 60.00 m y una velocidad de -- 10 km./Hr. Esto se debe a que en los extremos del bloque hay metaleras.



3.50 m

0 50 100



U N A M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PLANTILLA DE BARRENACION CRUCEROS Y FRENES	
TESIS PROFESIONAL	
MARIO AGUIRRE CASTILLO	
PLANTILLA No 4	1977

El costo del autocargador es de \$ 750000.00 y consideraremos que consumirá un 50 % de su valor en refacciones y mantenimiento equivalente a \$ 375000.00

Los fabricantes indican que para condiciones normales de operación y mantenimiento la vida de un autocargador es - de 12 000 Hrs. de operación, por lo que tenemos:

$$\text{Depreciación /Hr.} = \frac{1125\ 000.00}{12\ 000} = \$93.75$$

VII.11 CICLO DE OPERACIONES

Los autocargadores operan siguiendo una secuencia que es: carga, transporte, descarga, transporte. Estas se dividen en operaciones de tiempo fijo y variable.

Las primeras son aquellas inherentes al trabajador y son carga y descarga. Un operador promedio las realiza en 1,5 Min. Las segundas son las de traslado o transporte y se pueden considerar como sigue:

$$\text{Operaciones de tiempo Variable} = \frac{\text{Distancia ida y vuelta}}{\text{Velocidad promedio}}$$

Por lo que el ciclo de operaciones respecto al tiempo es el siguiente:

$$\text{Ciclo de operaciones} = 1.5 + \frac{(2) (60)*}{(10) (16.67)**} = 2.22 \text{ Min.}$$

Lo anterior se interpreta como sigue para una velocidad de 10 Km/Hr., 60.00 m de distancia promedio se efectúa un ciclo en 2.22 Min.

El peso volumétrico del mineral es de 1.80 ton/m³ por lo que el cucharón tiene una capacidad de 2.75 Ton.

El tiempo efectivo de trabajo en este caso se ve afectado por el suministro de combustible y revisión al inicio del turno en 60 minutos por lo que el máximo de rezagado en un turno es el siguiente:

$$\frac{(300) (2.75)}{2.22} = 371.62 \text{ Ton.}$$

Según podemos observar en la distribución de trabajar para la ampliación del nivel superior los tonelajes que se obtienen son menores que el máximo permitido por lo que podemos usar el antecargador mencionado. (Ver Pág. 46)

* Distancia promedio que recorre el autocargador.

** Factor de conversión de Km/Hr. a m/Min.

VII.12 CALCULO DE COSTOS DE ACUERDO A LA DISTRIBUCION DE TRABAJOS

La depreciación del autocargador Wagner por tonelada rezagada la obtenemos de acuerdo a la tabla No. 1. En ella - se muestra el tonelaje obtenido por turno y el número de ellos además del tiempo empleado en rezagar a un ritmo de 74.32 Ton/Hr.

TABLA 1

No. de turnos	4	7	7	40
Ton. Tumbadas/Turno	90.16	152.64	187.09	249.42
Horas de rezagado	1.21	2.07	2.52	3.36
Costo rezagado	113.44	194.06	236.25	315.00
Costo rezagado por Ton.	1.26	1.27	1.26	1.26
Costo de combustible y lubricantes por ton.*	0.13	0.13	0.13	0.13

*El costo de combustible y lubricantes se considera en un 10 % el de tonelada rezagada.

El costo total por tonelada rezagada se puede observar es de \$1.39.

VII.12.1 MANO DE OBRA

Un operador de autocargador gana \$ 150.00 diarios incluyendo el 7o. día, más una bonificación del 100 % de su sa lario.

En la siguiente tabla se muestra el costo por tonelada -- por concepto de mano de obra en base al tonelaje tumbado -- por turno y considerando un salario de \$300.00 para el -- operador. Se muestra también el tonelaje total tumbado -- en cada obra y en consecuencia el costo total de rezagado del tonelaje anterior.

TABLA 2

No. de turnos	4	7	7	40
Ton/Turno	90.16	152.64	187.09	249.42
Costo mano de obra/Turno	300.00	300.00	300.00	300.00
Costo mano de obra/Ton.	3.33	1.97	1.60	1.20
Tonelaje total por obra	360.64	1068.48	1309.63	9976.16
Total en pesos	1200.93	2104.91	2095.41	11972.16

El tonelaje total tumbado en la ampliación del nivel superior es de 12715.55 Ton. y el costo de rezagado por el mismo concepto es de \$ 17373.40 por lo que el costo prom

dio de mano de obra por tonelada acarreada es de:

$$\frac{17373.40}{12715.55} = \$1.39$$

y el costo total de rezagado por tonelada es:

Equipo y materiales	\$ 1.39
Mano de obra	<u>\$ 1.37</u>
TOTAL	\$ 2.76

VII.12.2 COSTO TOTAL POR TONELADA EN PREPARACION

El costo por tonelada en tumba se calculó en \$21.96 y el de rezagado de \$2.76, por lo que el costo por tonelada - tumbada y rezagada es de \$24.72.

Como el tonelaje total de la ampliación del nivel superior es de 12715.55 Ton. el costo total de esta es de: -
 (12715.55) (24.72) = \$ 314328.40

VII.13 AMPLIACION DEL NIVEL INFERIOR

La ampliación de este nivel se diferencia por que llevan un contracañón al bajo de la veta, cruceros de extracción separados 15.00 m de centro a centro y un contrapozo que se efectuará con trepadora Alimak que servirá como iniciador de la ranura en la etapa de tumba, (ver figura No. 4)

VII.13.1 CUELE DE LOS CRUCEROS DE EXTRACCION Y CONTRACAÑON

Primeramente recordaremos que el bloque en cuestión tiene una longitud de 100.00 m, los cruceros tendrán 10.00 m. - de longitud y serán siete con un espaciamento de 15.00 m de centro a centro, el contracañón tendrá 120.00 m de longitud. En total serán 190.00 m de cuele a \$ 872.85 el metro lineal que arroja un total de \$104742.00 (Sin con siderar el acarreo).

El tonelaje producido por disparo es de (2.10) (3.50) - - (3.00) (2.1*) = 46.31 Ton.

El peso volumétrico del tepetate es de 1.3 ton/m³ por lo que el cucharón del autocargador levanta 1.84 Ton.

El tiempo en rezagar un disparo en tepetate es de 56 Min. muy similar en proporción a una frente en mineral en la - que se rezaga en 50 Min., por lo que podemos tomar el co sto de rezagado promedio de \$2.76/Ton.

El tonelaje obtenido por metro es de 22.05 Ton, como se - colarán 190.00 m nos arroja un total de 4189.50 Ton a - - \$2.76/Ton nos da un total de \$11563.02 por concepto de re zagado.

*Peso específico del tepetate.

El costo total de el contracañón y los cruceros de extracción es de:

(104742.00) + (11563.02) \$116305.02

VII.14 CONTRAPOZO INICIADOR DE LA RANURA

El contrapozo iniciador de la ranura se empezará desde la ampliación inferior e irá al centro de la veta, una vez - terminado se ampliará con barrenos de 12.70 cm. (5") de -- diámetro a lo ancho de toda la veta de acuerdo a la se--- cuencia mostrada en la Figura No. 4

Para este fin se utilizará una trepadora Alimak, por considerar que es el método más rápido con que cuenta la unidad para realizar contrapozos practicamente verticales.

Los ciclos para el cuele del contrapozo en este caso son:

Instalación de la trepadora

Cuele del contrapozo

Quitada de rieles y trepadora

VII.14.1 INSTALACION

Cabe aclarar que las dimensiones de la preparación en el nivel inferior se adaptan a las necesarias para la instalación de la trepadora.

La trepadora se instala en cuatro turnos con tres trabajadores, el costo se calculará al final junto con la quita-da de rieles y máquina.

VII.14.2 CUELE DEL CONTRAPOZO

Primeramente se avanzará el contrapozo una longitud no me-nor de 3.00 m para poder instalar completamente la curva-formada por carriles que nos dará la inclinación deseada, una vez realizada esta operación la secuencia de trabajos es la siguiente, los trabajadores ascienden en el interior de la cabina, amacizan, instalan el carril, barrenan, des-cienden por los explosivos y suben nuevamente para cargar. El encendido se hace mediante un tablero eléctrico situa-do en la parte inferior del contrapozo.

Es muy importante que diariamente se cheque por parte de la supervisión las inclinaciones frontal y lateral de los carriles guías así como que las anclas que fijan los mis-mos no estén sin protección más de 5 cm. En caso contra-rio se tendrán problemas en la comunicación y estabilidad de la trepadora durante la operación. Las dimensiones -- del contrapozo serán de 2.50 m por 2.50 m.

VII.15 CALCULO DE COSTOS

VII.15.1 EQUIPO

La trepadora tiene un costo de \$ 950 000.00, considerando el 50 % de su valor en mantenimiento y refacciones que --

equivale a \$ 475 000.00, se puede considerar su costo total en \$ 1425 000.00 Se depreciará en cinco años y su depreciación por turno es de:

$$\frac{1425\ 000.00}{(5)(300)(3)} = \$ 316.67$$

Se avanzará 1.20 m por turno por lo que la depreciación - por metro es:

$$\frac{316.67}{1.20} = \$ 263.89$$

VII.15.2 AIRE COMPRIMIDO

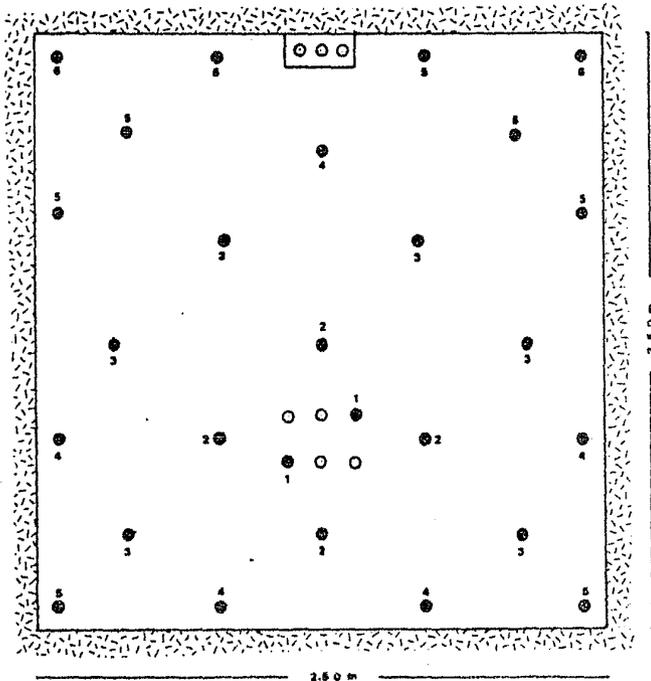
De acuerdo a la plantilla No. 6 se requieren 31 barrenos de 1.30 m equivalente a una longitud barrenada de 40.30 m equivalente a un tiempo de barrenación de 134.33 Min. por lo que el consumo de aire considerando un 25 % en cargar-subir y bajar la máquina es de:

$$(134.33)(100)(1.25) = 16750 \text{ pies}^3$$

a \$0.97 el millar de pies³ nos da un total de \$16.25

El costo de aire comprimido por metro es:

$$\frac{16.25}{1.20} = \$ 13.54$$



U N A M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
PLANTILLA DE BARRENACION	
CONTRAPOZO ALIMAK	
TESIS PROFESIONAL	
MARIO AGUIRRE CASTILLO	
PLANTILLA No 6	1977

VII.15.3 EQUIPO DE BARRENACION

Se utilizarán tres espigas (una extra) para barrenar y-- una pistola para la instalación de las anclas.

La depreciación de cada máquina por turno es de \$18.89, -- por lo que obtenemos un costo de equipo de barrenación -- por metro de avance es:

$$\frac{(18.89) (4)}{1.20} = \$ 62.96$$

VII.15.4 ACERO Y BROCAS PARA BARRENAR

El costo de acero y brocas por metro lineal barrenado es de \$ 4.79 y la longitud barrenada necesaria es de 40.30 m, por lo que el costo de brocas y acero para barrenar por-- metro de avance es:

$$\frac{(40.30) (4.79)}{1.20} = \$ 160.86$$

VII.15.5 MANGUERAS

En este caso se requieren tres juegos y la depreciación -- por turno es de \$ 40.83.

El costo de mangueras por metro de avance es:

$$\frac{40.83}{1.20} = 34.03$$

VII.15.6 EXPLOSIVOS

Los explosivos y las proporciones son iguales a las del inciso VII.4.5 La longitud barrenada cargable es de 24.30 m ya que cuatro barrenos de la cuña no se cargan, por lo tanto se requiere de 18.95 Kg. de supermexamón, 27 bombillas de gelamex No. 2 y 48.60 m de cañuela negra.

Costo de artificios y explosivos	Precio Unitario	Tótal
18.95 Kg. de supermexamón	3.47	65.75
27 bombillas de gelamex No. 2	1.37	36.99
48.60 m de cañuela negra	1.75	85.05
27 conectores	0.73	19.71
27 capsules No. 6	0.75	20.25
15.00 m de alambre Thermalita	1.74	<u>26.10</u>

TOTAL \$253.86

El costo de explosivos por metro de avance es:

$$\frac{\$253.86}{1.20} = \$211.55$$

VII.15.7 MANO DE OBRA

El personal necesario son dos perforistas y un ayudante - El metro de contrapozo se paga a \$ 240.00 pero este costo excluye el pago del ayudante que es de \$ 71.76 por metro.

El costo de mano de obra por metro de avance es de:
\$311.60

VII.15.8 QUITADA DE RIELES Y MAQUINA

Como se mencionó anteriormente se invierten cuatro turnos en la instalación de la trepadora, seis en desarmar los - carriles y tres en desmontarlos dando un total de trece - turnos.

El costo de la mano de obra por turno es de \$289.92 más un 25 % de bonificación equivale a \$ 362.40

El costo de mano de obra por instalación y montaje por me-
tro de avance es:

$$\frac{(13) (362.40)}{60} = \$87.52$$

El total de mano de obra por metro de avance es igual a -
 $(311.60) + (78.52) = \$ 390.12$

VII.15.9 RESUMEN DE COSTOS

Equipo Alimak	263.89
Aire comprimido	13.54
Equipo de barrenación	62.96
Acero y brocas para barrenar	160.86
Mangueras	34.03
Explosivos	211.55
Mano de obra	<u>390.12</u>
TOTAL	\$ 1136.95

El costo por metro de contrapozo es igual a \$ 1136.95, se requieren 60.00 m por lo que el costo total es de \$68217.00

VII.16 RESUMEN DE COSTOS DE OBRAS DE PREPARACION

Ampliación nivel superior	\$ 314328.40
Ampliación nivel inferior	\$ 314328.40

Contracañón y cruceros de extracción \$ 116305.02

Contrapozo iniciador de la ranura \$ 68217.00

TOTAL \$ 813178.82

El costo total por tonelada en obras de preparación es --
igual a:

$$\frac{813178.82}{230\ 000\ *..} = \$ 3.54$$

* Tonelaje de mineral extraíble de un bloque.

VIII TUMBE

El uso de barrenos largos en minas subterráneas aplicando las experiencias adquiridas en tajos abiertos, se llevó a cabo por primera vez por la International Nickel Company de Canada a principios de 1972, en la actualidad es el método que proporciona el mayor tonelaje en las minas de -- Suldbury, pertenecientes a esta compañía. Considerando -- que en Taxco las características de la veta principal se adaptaban a las necesarias para la aplicación del método -- se iniciaron pruebas a finales de 1974 con la finalidad -- de implantarlo. Se adquirió un Jumbo C.M.M. de Ingersoll Rand con sistema de rotación y percusión independiente capaz de barrenar más de 60.00 m eficientemente.

La rotación es proporcionada por un motor que se encuentra en la torre de la máquina y la percusión es producida por un pistón que se encuentra en el martillo y por lo -- tanto siempre irá al fondo del barreno que teóricamente -- suministrará la misma cantidad de energía directamente sobre la broca a cualquier profundidad que se encuentre.

El equipo anterior proporciona las siguientes ventajas:

Altos rangos de velocidad de perforación en barrenos profundos, ya que la energía de impacto no es transmitida a través de la tubería, en los equipos que esto se lleva a efecto el rango de penetración decrece gradualmente a medida que se aumentan secciones de acero para barrenar.

El ruido generado por la operación de la máquina, se amortigua tan pronto se introduce el acero.

El escape de aire y agua en el martillo limpian la rezaga -- formada al barrenar, proporcionando a la vez una pared homogénea en todo el barreno, lo que facilita muchísimo el cargado de explosivos.

Las barras tienen una larga vida por no transmitir la energía a través de ellas.

Otra ventaja de el Jumbo son sus dimensiones, tiene 3.38 m de largo, 1.40 m de ancho y 3.40 m de altura (con la torre en posición de barrenar) lo que permite un fácil manejo y transporte a los lugares de trabajo.

El consumo de aire es de 600 pies³/Min.

La velocidad de rotación varía de 8 a 25 R.P.M. en nuestro caso será de 12 R.P.M. que es con la que se han obtenido los mejores resultados en Taxco. La velocidad de penetración es en promedio de 4.00 m/Hr.

La plantilla de distribución de los barrenos se ha ido modificando de acuerdo a pruebas efectuadas a partir de la ampliación de la ranura, en donde se fueron disparando barrenos en forma individual y posteriormente en grupos.

La distancia entre barrenos más conveniente en nuestro --

caso es de 4.00 m por lado. La distancia de estos a las tablas será de 1.50 m que es donde se pudo observar los mejores resultados en contra de la dilusión.

Se utilizarán brocas de botones de 12.70 cm (5") y de -- 13.97 cm (5 1/2") de diámetro. La razón por la que se utilizan dos diámetros de brocas es la de tratar de evitar atoramientos de las mismas, tuberías y martillo cuando no se termina algún barreno, y hay que hacerlo con -- otra broca, entonces se prosigue con la de diámetro más -- pequeño.

Las brocas se afilan en el lugar de trabajo con un afilador manual de alta velocidad. Por regla general una broca alcanza a dar un barreno completo de 60.00 m antes de ser afilada, estas tienen un promedio de vida de 180.00 m.

Con los barrenos hacia abajo el cargado se facilita mucho, este se hace en forma manual y se disparará el número requerido por las necesidades de producción.

VIII.1 CALCULO DE COSTOS

VIII.1. EQUIPO

El Jumbo C.M.M. de Ingersoll Rand tiene un costo de -- -- -- \$1700000.00, incluyendo dos martillos y 100 barras de 1.50 m.

La depreciación del equipo la efectuaremos a cinco años y se considerará un 50 % de su valor para mantenimiento y refacciones ya que a la fecha se desconoce el dato.

Cabe aclarar que el metraje barrenado por turno es de -- 15.00 m y que tiende a incrementarse a medida que se perfeccione la operación general de barrenado que disminuirá los tiempos auxiliares de turno fundamentalmente.

La depreciación por tonelada tumbada considerando que en un día se barrena para tumbar el siguiente tonelaje,

(4.00) (4.00) (45.00) (2.8) = 2016.00 ton. es la siguiente:

$$\frac{2550\ 000.00}{(5)(300)(2016)} = \$ 0.84$$

VIII.1.2 MANGUERAS

Se utilizarán mangueras de 10.16 cm (4") de diámetro para suministrar aire y de 2.54 cm (1") para el agua.

Se considera tendrán una duración de 300 turnos, es decir 100 días.

Dos tramos de 10.16 cm = 5750.00

Dos tramos de 2.54 cm = 2750.00

TOTAL \$ 8500.00

El costo por tonelada es el siguiente:

$$\frac{8500.00}{(100) (2016)} = \$0.042$$

VIII.1.3 BROCAS

Tienen un costo individual de \$10 000.00 y una duración de 180.00 m. El tonelaje tumbado por metro barrenado es de 44.80 Ton. por lo tanto el tumbado por una broca es de 8064.00 Ton.

El costo de brocas, por tonelada es el siguiente:

$$\frac{10\ 000.00}{8064.00} = \$1.24$$

Este costo tiende a reducirse a medida que el afilado de las brocas se haga en el momento indicado, lo que redundará en una vida más larga de la broca.

VIII.1.4 LUBRICANTES

Otro costo que hay que tomar en cuenta para la operación de la máquina, es el de lubricantes, pues se utilizan cuatro tipos diferentes de aceite.

Este es de \$ 0.10 / Ton.*

VIII.1.5 AIRE COMPRIMIDO

La máquina consume 600 pies³/Min. a una presión de 90 Lbs./pul²

La máquina como ya se dijo tiene una velocidad de penetración de 4.00 m/Hr, sin embargo hay que tomar en cuenta -- que el tiempo efectivo de barrenación se reduce a 10 Hrs. diarias en tres turnos por lo que el consumo de aire por día es de 360 000 pies³, el millar de pies cúbicos de -- aire comprimido cuesta \$ 0.97. Por lo que el costo de -- aire comprimido por tonelada es de:

$$\frac{(360) (0.97)}{2016.00} = \$0.17$$

* Proporcionando por ingeniería industrial.

VIII.1.6 MANO DE OBRA

Para operar la máquina se requiere de dos hombres, recibirán un sueldo diario de \$ 120.00 y considerando que se les dará un bono de acuerdo al metraje barrenado que será igual al 100 % si barrenan 15.00 m en su turno.

El costo de mano de obra por tonelada es de:

$$\frac{(2)(240.00)(3)}{2016.00} = \$ 0.71$$

VIII.2 EXPLOSIVOS

Para el uso de explosivos y distribución de barrenos no puede haber una ley que restrinja un uso de terminado, si no por lo contrario cada lugar tiene características propias que nomarán el criterio y selección de los incisos-mencionados.

Sin embargo vale la pena hacer notar algunos principios básicos que sirven para un cálculo inicial, que se irá mo dificando de acuerdo a los resultados.

En principio podemos considerar nuestro tumbé similar al de los tajos abiertos en los que se utiliza una carga de fondo con la finalidad de proporcionar un esfuerzo enérgi

co para separar el bloque en su base, y proporcionar una superficie quebrada que puede emparejarse fácilmente y no presente problemas al equipo de acarreo y rezagado.

En nuestro caso los barrenos no están unidos en su base, debido a la ampliación efectuada en el nivel inferior, — por lo que se utilizará exclusivamente la llamada carga — de columna, consistente fundamentalmente de supermexamón. Como la longitud del barreno es de 60.00 m hay que asegurar que la detonación se lleve a efecto en todo él, para — tal efecto se hace necesario intercalar explosivos de alta velocidad de detonación. En este caso se usarán cilindros de Detomex de 450 gr. espaciados a cada 7.00 m.

En lo que respecta a la distribución de los barrenos se — toma como guía en forma general el diámetro de ellos. Como ejemplo hay una forma empírica usada como preambulo — que dice: la proporción de separación es de 1.00 m por — pulgada de diámetro, es decir que si el barreno es de 5 — pulgadas de diámetro la separación máxima entre barrenos — debe ser de 5.00 m.

En el libro "Técnicas modernas de voladura de rocas" — menciona un valor para la separación iguala $0.046 D$ que equi — vale en nuestro caso a 5.84 m (D igual al diámetro del ba — rreno en mm. obteniéndose el resultado en metros).

Los supervisores técnicos de Du Pont en una conferencia —

sobre el uso de explosivos, recomiendan la separación máxima igual a 40 veces el diámetro equivalente en nuestro caso a 5.08 m.

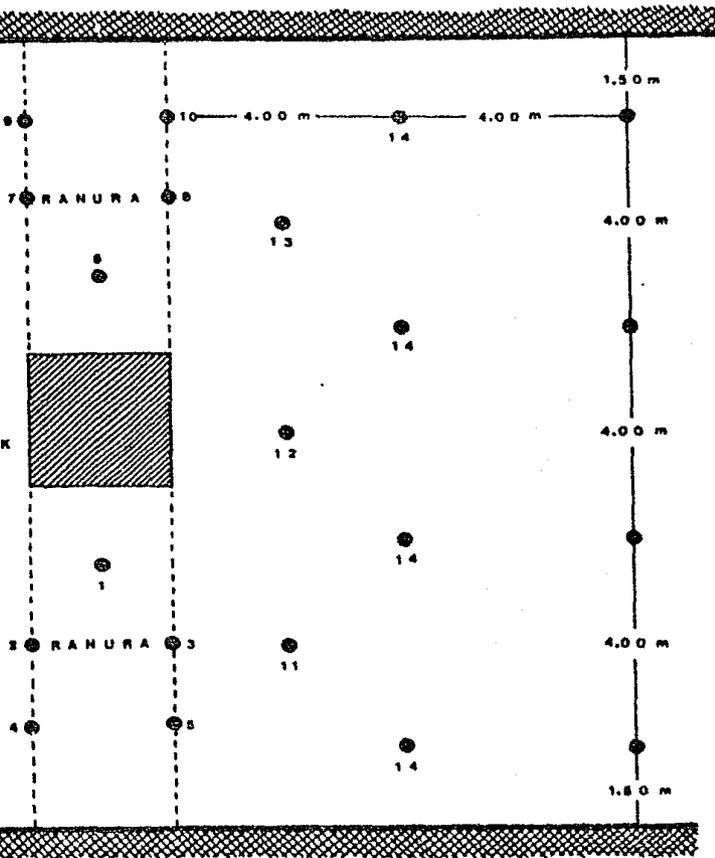
Otro punto muy importante que hay que tomar en cuenta es el de la fragmentación, esta se ve afectada por los siguientes factores.

- a) carga específica de la columna
- b) Distancia entre los barrenos y la cara libre (separación)
- c) Relación entre la separación y el espaciamento de los barrenos de una hilada.

Por regla general el espaciamento entre barrenos es igual a 1.25 la separación que hay entre estos y la cara libre. En nuestro caso como ya se mencionó la distancia entre los barrenos como a la cara libre es de 4.00 m. (Ver figura No. 4)

Muy importante en Taxco es el cuidar la producción de vibraciones que ocasione una estimación subjetiva de las mismas por parte de sus habitantes, que en la mayoría de los casos tienen una concepción errónea del riesgo o daño que pudiera producirse.

CONTRAPOZO
ALIMAK



U N A M
FACULTAD DE INGENIERIA

DISTRIBUCION DE BARRENOS
DE 13cm. DE DIAMETRO

TESIS PROFESIONAL
MARIO AGUIRRE CASTILLO

FIGURA No 4 1977

VIII.2.1 COMO EVITAR LA COOPERACION DE VIBRACIONES

Para lograrlo se partirá de lo expuesto en el libro técnica moderna de voladuras de rocas en el que se menciona -- que en base a numerosas pruebas realizadas, exclusivamente tres vibraciones producidas obtienen el valor de amplitud de onda máxima desarrollándose en un tiempo T.

Esto quiere decir que en un tiempo mayor a 3 T no habrá -- colaboración entre dos barrenos diferentes aún en roca dura.

Desgraciadamente hasta la actualidad se desconocen todos los valores correspondientes a las vibraciones ocasionadas por el disparo de barrenos largos, razón por la cual las consideraciones hechas en seguida son a modo de ilustración y no como las de un hecho comprobado en la unidad de Taxco.

Si consideramos una frecuencia de 100 c/s que es la correspondiente a la roca dura ($F = 1/T$), la utilización de retardos M.S. de 25 milisegundos evitará la cooperación de vibraciones entre barrenos.

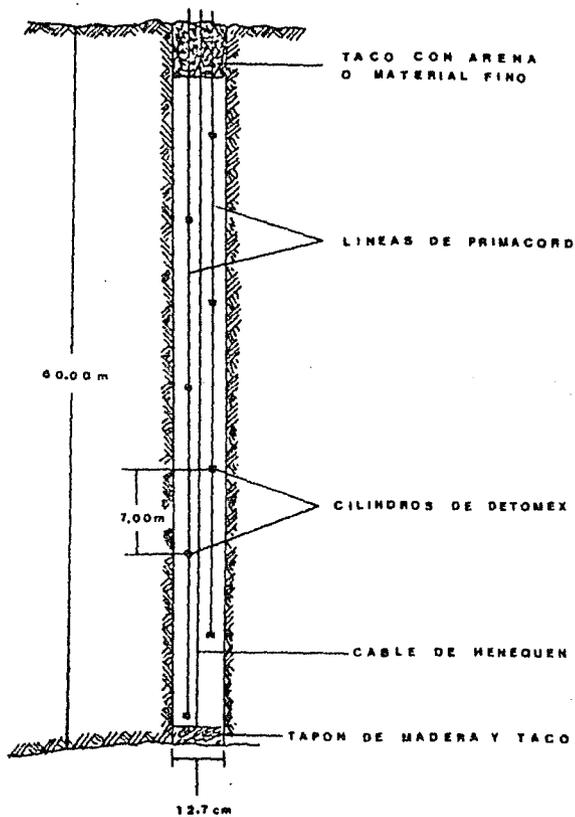
VIII.2.2 COSTO DE EXPLOSIVOS

Se dejará un taco en la parte superior igual a la distancia a la cara libre, es decir de 4.00 m y en la parte inferior de 1.50 m. Por lo tanto quedarán 54.50 m cargables. Se utilizará para ello supermexamón que tiene una densidad de 0.65 gr / cm³ cuando es vaciado, como iniciador se usarán cilindros de Detomex de 450 gr, espaciador a cada 7.00 m en dos líneas de cordón detonante es decir que en cada línea los cilindros estarán espaciados 14.00 m.

El explosivo cargable por metro es igual a $(3.14) (6.35)^2 (100) (0.65) = 8.23$ Kg. por lo tanto la cantidad de supermexamón necesaria es de 448.53 Kg. por barreno.

Se usarán ocho cilindros de detomex (Ver fig. 5), ciento diez metros de cordón detonante y un retardador M.S. -

Costos de explosivos y artificios	Precio Unitario	Total
448.54 Kg. de supermexamón	3.47	\$1556.43
8 cilindros de detomex	5.90	47.20
110.00 m de cordón detonante	2.00	220.00
1 retardador M.S.	12.00	12.00
		<u>12.00</u>
	TOTAL	\$ 1835.63



U N A M	
FACULTAD DE INGENIERIA	
BARRENO DE 60 MTS DE LONGITUD CARGADO CON SUPERMEXAMON.	
TESIS PROFESIONAL	
MARIO AGUIRRE CASTILLO	
FIGURA N°5	1977

El costo de explosivos por tonelada es:

$$\frac{1835.63}{2688.00} = \$ 0.68$$

VIII.2.3 MANO DE OBRA EN EL CARGADO DE LOS BARRENOS

La cuadrilla para este fin, será integrada por un número variable de trabajadores dependiendo de la cantidad de barrenos que se vayan a detonar y la localización de los -- polvorines y almacenes.

Se puede considerar que dos trabajadores pueden cargar -- perfectamente tres barrenos durante un turno incluyendo -- el llevar el explosivo al lugar.

El sueldo de cada uno será de \$ 100.27 incluyendo el 7o. día y una bonificación del 25 % de su sueldo que nos da -- un total de \$ 125.34. Por lo tanto el costo de mano de -- obra en el cargado de barrenos será:

$$\frac{(2) (125.34)}{8064.00} = \$ 0.031$$

VIII.2.4 VARIOS

En este renglón consideraremos, tapones de madera para el fondo del barreno y el cable de henequen de 95 mm. de diá

metro para sostenerlos. El costo por este concepto es de \$ 0.10/ Ton*

VIII.3 RESUMEN DE COSTOS

VIII.31 BARRENACION

Equipo para barrenar	\$ 0.84
Mangueras	0.04
Brocas	1.24
Lubricantes	0.10
Aire comprimido	0.17
Mano de obra	<u>0.57</u>
TOTAL	\$ <u>2.96</u>

VIII.3.2 EXPLOSIVOS Y CARGADO

Explosivos	0.68
Mano de obra	0.03
Varios	<u>0.10</u>
TOTAL	\$ <u>0.81</u>

* Proporcionado por ingeniería industrial

El costo del tumbe por tonelada es de \$ 3.77

VIII.3.4 GRAN TOTAL

El costo por tonelada en preparación \$ 3.54

El costo por tonelada tumbada \$ 3.77

TOTAL \$ 7.31

VIII.4 CONCLUSIONES

Se puede observar de antemano que el costo por tonelada - tumbada en comparación con otros métodos es mucho menor - con la utilización de este.

Presenta las siguientes ventajas.

- Un rango de seguridad muy grande para todo el personal, por no estar abajo de lugares que han sido disparados - constantemente.
- La realización del método es sencillo.
- Es altamente productivo.
- El costo de mano de obra, que en la mayoría de los casos es el costo directo más alto, se ve disminuido gran demente.

Presenta las siguientes desventajas:

- En terrenos donde hay abras y no se barrena con cuidado se produce desviación de la tubería y probable atora-~~---~~ miento de la broca, lo que produce la pérdida de todos los materiales de barrenación.
- En barrenos no terminados se corre el riesgo mencionado en el inciso anterior si no se tiene la precaución de in-~~---~~ troducir una broca de menor diámetro para terminarlo.

- Posee el inconveniente de todos los métodos de barrenación larga en cuanto a selectividad.
- Un cargado descuidado de los barrenos puede inutilizar alguno o parte de el, si algún objeto extraño cae en el interior del mismo y se atora.
- Las disparadas deben ejecutarse cuidadosamente para no provocar vibraciones excesivas que puedan causar malestar a poblaciones cercanas.

IX RECOMENDACIONES

Observando los métodos anteriores, podemos ver en el primer caso, que se pueden aplicar variantes en el inciso co rrespondiente a los disparos de barrenos. Podría implantarse una secuencia en la que exclusivamente se barrenará y finalmente otra una vez barrenado el bloque dedicada ex clusivamente a disparar el número de barrenos deseados.

Es de esperar con esta variante una especialización del personal de trabajo en actividades determinadas y por lo tanto un mejor aprovechamiento del tiempo efectivo de tra bajo, al disminuir la variación de actividades.

También es aconsejable el utilizar este método en vetas cercanas a los 3.00 m de potencia. Los costos en este ca so se ven disminuidos por que con el mismo número de barrenos que en las de 2.00 m de potencia se obtiene un mayor tonelaje, como ejemplo el costo de explosivo por tone lada variaría de \$ 3.96 a \$ 2.64.

Convendría en igual forma el utilizar un equipo de barrenación con mayor velocidad de penetración, tendiente a -- disminuir el tiempo de esta actividad.

En el segundo caso, es necesario ante todo, se realice -- un estudio sísmológico con la finalidad de recabar datos -- a cerca de los efectos producidos por disparos de varios-

barrenos de gran longitud, ya que resultaría inóperante - el dispararlos en forma individual.

Tomando en cuenta que la ciudad de Taxco se encuentra - - aproximadamente a 1.5 Km del lugar donde se llevan a cabo este tipo de barrenos, considero bastante factible el evitar vibraciones perceptibles en la ciudad una vez conoci- das las constantes del terreno.

Sería realmente penoso que un método tan altamente produc- tivo y en consecuencia con un costo muy bajo por tonelada en comparación con cualquier otro de los usados en la unidad, se viera suspendido por falta de un estudio que si - bien no es sencillo, se justifica su ejecución en bien de la tarea esencial de todo minero, el producir más y me- jor con el mínimo de esfuerzo.

X OBSERVACIONES PRACTICAS SOBRE ACERO Y BROCAS PARA BARRENAR

Hasta hace poco tiempo en que la minería en Taxco estaba sujeta a sistemas de producción que requerían equipos de barrenación ligera, se utilizaban exclusivamente barrenas integrales para este objetivo. En la actualidad la mecanización exige cambios radicales en este renglón, por lo que se utilizan ahora, barras de extensión o acoplables, brocas desechables en forma de cruz con insertos de carburo de tungsteno y brocas de botones del mismo material, según sea el tipo de barrenos a realizar.

A continuación se exponen algunas características de los distintos tipos de material para barrenar que aclaran o justifican el uso de cada uno de ellos en los diferentes sistemas de tumba mecanizados y en las obras de preparación, en las que generalmente se utiliza equipo de barrenación ligera.

Todos los equipos de barrenación que se utilizan en esta unidad son de percusión y rotación integral a excepción de el Jumbo C.M.M. para barrenos largos que cuenta con ambos movimientos en forma independiente.

Estos equipos fracturan la roca mediante un impacto cíclico y esfuerzos generados por la máquina de barrenar y son transmitidos a la roca por medio de la barra y la broca en los primeros, en el último el impacto no es transmiti-

do a través de la tubería ya que el martillo siempre va -- en el fondo del barreno.

Hay dos tipos de brocas para barrenar, integrales y desechables.

Las primeras como su nombre lo indica son fabricadas junto con la barra y es una parte de ella. Las desechables -- son fabricadas por separado y se unen a la barra por medio de una cuerda generalmente, estas existen en tamaños -- que varían de 3,49 cm. a 15,24 cm, teniendo un variado -- arreglo en los insertos, Las más usuales son las de cuatro insertos en forma de cruz o de equis. Las de botones -- presentan por regla general un arreglo radial.

X.1 BARRENAS INTEGRALES. Constan de una barra de acero -- hexagonal con un orificio central a través de ella, y un inserto de carburo de tungsteno en el cuerpo de la broca. (Ver figura No. 6).

Este tipo de barrenas se utiliza en terrenos no fisura-- dos y de baja abrasividad.

Presentan las siguientes ventajas:

Permite la utilización de equipo ligero de barrenación al transmitir eficientemente la energía producida por la barrenadora.

Facilidad para el afilado.

Bajo costo de la barra ya que contiene poco carburo de tungsteno.

Presenta las siguientes desventajas:

Poca duración en terrenos abrasivos.

En rocas fisuradas se atoran con mucha facilidad provocando en muchos casos la rotura del inserto.

El transporte de las barras hasta el lugar de afilado es laborioso.

La barra es desechada una vez que se termina el inserto.

Por todas estas razones el uso de este material es muy limitado en la unidad de Taxco, ya que el terreno existente no es el indicado para su uso.

X.2 ACERO HEXAGONAL DE 2.22 cm. DE SECCION Y BROCAS DE CRUZ ACOPLABLES DE 3.49 y 3.81 cm. DE DIAMETRO.

Este material consta de barras de acero hexagonal de 2.22 cm. de sección, orificio central a lo largo de toda ella-

y un cono en uno de sus extremos donde se acoplará la broca.

Las brocas de 3.49 y 3.81 cm. son en forma de cruz y se - utilizan los dos diámetros en la formación de un barreno, una vez que se les termina el filo son desechadas, tienen una duración promedio de 50.00 m en lugares donde la roca es dura y abrasiva.

En general en todas las obras de desarrollo y preparación sobre veta y en el método de tumbé sobre carga se utiliza equipo de barrenación ligero con los materiales descritos, en el encabezado de este inciso.

Se observan las siguientes ventajas.

Se obtiene un mayor metraje de barrenación.

Los atorones son menos frecuentes en rocas fisuradas.

Facilita el rompimiento del barreno.

Una vez terminada la broca, se cambia y la barra se sigue utilizando.

Presenta las siguientes desventajas.

Debido a lo pequeño de las brocas pueden perderse facilmente en el lugar de trabajo.

Si no usa el operador la herramienta adecuada para desacoplar las brocas acabadas, se corre el riesgo de romper el cono de la barra, que tendrá que ser torneada en el taller respectivo para volverse a utilizar.

Las brocas se pueden perder en el interior de un barrenos si no se tuvo la precaución de acoplarla correctamente.

En resumen se puede decir que este material presenta las ventajas necesarias para ser utilizado en terrenos, duros, abrasivos y fisurados y que las desventajas que presentan son imputables al trabajador.

X.4 ACERO HEXAGONAL ACOPLABLE DE 22.2 cm. DE SECCION y 1.20 m. DE LONGITUD CON BROCAS DE CRUZ ROSCADAS DE 4.13 cm. DE DIAMETRO

Este tipo de acero se utiliza en la elaboración de barrenos mayores de 2.40 m. de longitud. donde se requiere de más de una barra para realizarlos debido a su longitud. -- Las brocas utilizadas son desechables y roscadas, en este caso se afilan hasta en tres ocasiones.

Este equipo se utiliza generalmente en el método de tumba con barrenos horizontales a través de contrapozos paralelos. Además se utilizan coples roscados para la unión de

las barras.

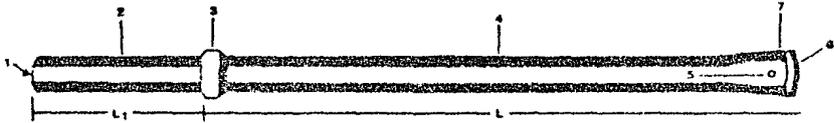
Este material presenta las ventajas de la broca de cruz -- descrita anteriormente, con la diferencia de que en este caso deben tenerse los siguientes cuidados adicionales.

Las superficies roscadas y los coples deben engrasarse ca da vez que se usen, para evitar desgaste inadecuado, co-- rrosión y además lograr un desacople sencillo.

Las barras deberán estarse rotando, para que un juego de ellas trabaje lo más uniformemente posible.

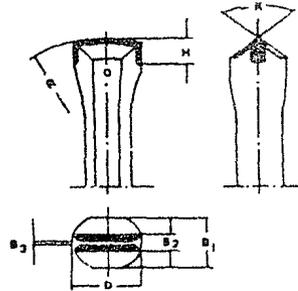
Debe controlarse el metraje barrenado por broca, para sacarse a afilar en el momento adecuado y obtener los mejores resultados.

Se puede observar que cada vez la habilidad y concentra-- ción del operario debe ser mayor al igual que la calidad-- de la supervisión.

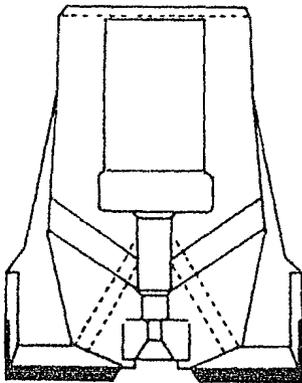


- 1.- Superficie de Golpeo
- 2.- Zanco
- 3.- Collar
- 4.- Barra
- 5.- Orificio de Desagüe
- 6.- Inserto de Carburo
- 7.- Broca

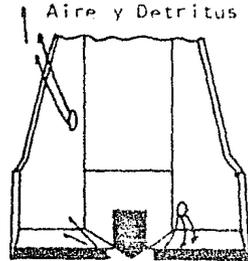
- B1 Grueso de la Broca
 B2 Grueso del Inserto
 B3 Ancho de la superficie de corte
 D Ancho de la Broca
 H Altura del Inserto
 L Largo nominal de la Barra
 L1 Largo del Zanco
 R Radio de superficie de corte
 K Angulo de superficie de corte



Glosario de Terminos y nomenclatura de una barra y broca integral



(A) Corte seccional mostrando conductos de desagüe.



(B) Vista mostrando la extracción de los Detritus barrados

Broca mostrando dos orificios hacia atras para desalojar los detritus con mayor facilidad.

U N A M FACULTAD DE INGENIERIA BARRAS INTEGRALES Y BROCAS DESECHABLES FIGURA N° 2
TESIS PROFESIONAL MARIO AGUIRRE CASTILLO 1977

X.5 ACERO HEXAGONAL ACOPLABLE DE 2.54 cm. DE SECCION, CUERDA DE 3.18 cm. DE DIAMETRO, LONGITUD DE 1.80 m y BROÇAS DE CRUZ DE 5.7 cm. DE DIAMETRO.

La utilización de equipos de barrenación más potentes y de barrenos de mayor longitud requieren de una sección mayor en las barras, con el objeto de poder proporcio---nar energía suficiente para una barrenación eficiente.

Las brocas utilizadas son de 5.7 cm. de diámetro y se afilan hasta en seis ocasiones.

Como en el inciso anterior, las barras deberán rotarse --siempre, las brocas sacarse a afilar en el momento adecuado y sobre todo por ningún motivo dejar de engrasar las -cuerdas y las coples.

X.6 BROÇAS DE BOTONES DE 12.70 cm. DE DIAMETRO Y BARRAS ROSCADAS DE 10.16 cm. DE DIAMETRO Y -1.50 m. DE LONGITUD

Este material se utiliza en el método de tumbe de barrena---ción larga vertical de nivel a nivel.

En este caso particular las barras tienen una alta dura---ción debido a que no transmiten los golpes a través de --ellas, el martillo siempre irá en la parte más profunda del-

barreno, este es recomendable limpiarlo cada dos barrenos (120.00 m). Como en casos anteriores se debe tener mucho cuidado en limpiar y lubricar las partes roscadas de la misma.

En este caso no se utilizan coples ya que cuentan con una rosca macho y una hembra en sus extremos.

En general en este inciso se dará mayor atención a las brocas, que son las que representan el más alto costo por tonelada en tumba y las explicaciones que se darán en seguida son tendientes a reducir estos costos.

Las brocas de botón vinieron a solucionar el problema que tenían las de cruz o equis en barrenos largos (más de 40.00 m) ya que tenían que sacarse para su afilado antes de concluir el barreno. Las brocas de botón presentan la ventaja que no necesitan afilarse antes de terminar un barreno (en nuestro caso de 60.00 m), se afilan fácilmente con un dispositivo manual de alta velocidad en el lugar de trabajo por los mismos operarios de la máquina barrenadora.

Podemos decir que la vida máxima de una broca se consigue previniendo la rotura prematura o desgaste de sus insertos, observando una buena manipulación de la misma y reafilándola a su debido tiempo.

X.6 PREVENCIÓN DE ROTURAS EN BROCAS DE BOTONES

La rotura de insertos puede evitarse si se conocen cuales son las causas que la provocan y se llevan a efecto las medidas necesarias para lograrlo. A continuación se enumera una serie de causas de rotura y como evitarlas.

A medida que una broca de botón barrenada, el desgaste formado en los botones se manifiesta en una superficie plana y ésta crece conforme aumenta el metraje barrenado. Si esta superficie llega a ser muy amplia se producirá una acción que llamaremos de atoramiento que originará la fractura del botón seccionándolo aproximadamente al nivel del cuerpo de la broca. Esta superficie de desgaste se ve aumentada si se emplea una rotación excesiva en terreno abrasivo.

Las acciones preventivas a seguir en este caso son: utilizar una rotación adecuada (en el caso de taxco 12 R.P.M.) Asegurarse de que los detritus formados al barrenar están siendo desalojados. Restarurar mediante el afilado la forma esférica de los botones. Checar y si es necesario ampliar las ranuras de evacuación de detritus en el cuerpo de la broca.

Desprendimiento de botones. Se identifica por la pérdida completa del botón y el orificio en el cuerpo de la

broca permanece intacto sin rotura del acero. Una de las causas que pueden ocasionar este problema es el golpear - la broca con el piston cuando no está en contacto con la roca, por tal razón debe evitarse siempre el golpear la broca cuando esta no ha llegado al fondo del barrenado o bien cuando se inicia este y aún no se alcanza la superficie por barrenar.

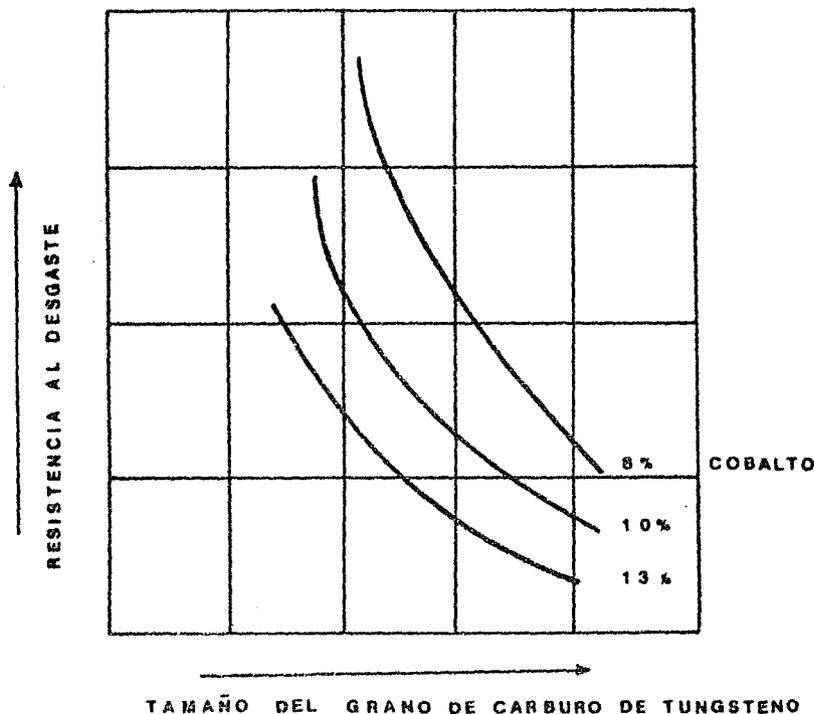
Existe otra causa que provoca la rotura de los botones y es la llamada piel de serpiente, esto se lleva a efecto en lugares donde la roca es blanda, aparentemente los botones no presentan anomalía alguna pero observándolos con un lente se pueden apreciar infinidad de grietas semejantes a una piel de serpiente que en un momento determinado provocarán la rotura del inserto.

La acción preventiva es la de efectuar un ligero esmerinado que desvanezca las pequeñas grietas.

X.7 ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LOS INSERTOS Y ACEROS PARA BROCAS Y BARRAS PARA BARRENAR.

El material de corte de las brocas consta de insertos de carburo de tungsteno mezclado con cobalto que le da tenacidad.

La resistencia al desgaste y la dureza del inserto están regidos por la cantidad de cobalto y / o el tamaño de los granos de carburo de tungsteno que varían en un rango de 0.5 a 10 microns y de 6% a 13% de cobalto.



Los aceros de que están hechas las brocas y las barrenas contienen por lo general una composición química entre los siguientes rangos.

Cobalto de 0.25 a 0.40 %, silicio de 0.5 a 1.4 %, Manganeo

so de 0.5 a 1.3 % , Cromo de 0.3 a 1.2 % , Niquel de 0.2 - a 1.8 % , Molibdeno de 0.25 a 0.50% , algunos otros contienen además 0.25 % de vanadio.

Los insertos están unidos por lo general con soldadura de cobre o plata a baja temperatura que evita trastornos - en el templado del acero hecho con anterioridad.

X.8. REMOSION DE PARTICULAS EN EL FONDO DE EL BARRENO

Hasta hace poco tiempo este inciso no recibía la atención que merece, sin embargo mostraremos los beneficios que se pueden lograr mediante una efectiva remoción del material quebrado que se produce en el fondo de los barrenos.

Este inciso decrece mucho en importancia en los barrenos-verticales hacia arriba, donde la fuerza de gravedad juega un papel muy importante en la limpieza de los barrenos. Pero en cualquier otra dirección el material mencionado - que interfiere entre la broca y la roca si no hay un flujo adecuado que lo desaloje, causa remolienda de las partículas aunando un mayor gasto de energía y desgaste de - los insertos. Lo anterior puede ser explicado en base - a la ley de Rittinger que nos dice que un aumento de superficies producidas requiere un aumento proporcional de energía.

Un flujo adecuado para desalojar el material quebrado nos da como resultado:

- Un menor consumo de energía.
- Un incremento de metraje por broca.
- Mayor rapidez de penetración.
- Reducción en la producción de polvos, dañinos en cualquier operación subterránea.

Para lograr lo anterior las barrenas integrales tienen uno o dos orificios por donde fluye el agua, el aire o ambos.

Las brocas desechables de 5.08 cm. de diámetro en adelante, además del orificio central cuentan con otros laterales dependiendo del número de insertos radiales que contenga ésta.

En la actualidad se ha diseñado una broca de cruz, en la cual dos de los orificios laterales están orientados hacia atrás de la superficie de corte y dos hacia adelante. Los dos primeros tienen por objeto ayudar a desalojar el material quebrado.

Resulta pues obvio que un flujo deficiente ocasionado por

bajas presiones de agua o aire son sumamente nocivas para una buena operación de barrenación, razón por la cual, -- siempre debe trabajarse a las presiones adecuadas.

Este capítulo tiene como finalidad el despertar la curiosidad a toda aquella persona que llegue a utilizar una barra y una broca para barrenar de cual será la adecuada en su caso.

XI TRATAMIENTO Y SISTEMA DE CONTROL EN EL BENEFICIO DE LOS MINERALES COMPLEJOS DE PLOMO Y ZINC.

XI.1. SECCION DE TRITURACION.

La planta de beneficio cuenta con un circuito de trituración, con una capacidad nominal de 3500 Ton/día en dos turnos de operación, trabajando seis días a la semana. El peso volumétrico del mineral es de 1.6 ton/m^3 para transportadores y de 2.0 Ton/m^3 para tolvas de almacenamiento, con un tamaño máximo de alimentación de 6".

El primer paso de trituración se efectúa en el interior de la mina, mediante una quebradora Allis Chalmers tipo Blake de 30 " por 42" que es provista del mineral mediante un alimentador de barras elípticas. El mineral ya triturado a 6"-es mantedado a la superficie mediante un malacate de fricción instalado en el tiro solar y es vaciado en la tolva de superficie localizada en la torre del mencionado malacate, ésta es semicilíndrica y está colada neoplásticamente tiene una capacidad de 270 Ton. y es descargada por dos alimentadores de placas de los cuales uno es de velocidad constante diseñado para manejar el tonelaje total y alimenta la banda que va a la tolva de mineral grueso (Banda No. 1 A de 30 "). El otro alimentador es de velocidad variable y alimenta directamente a la banda que va a la sección de trituración fina (Banda -- No. 1 de 30").

La tolva de mineral grueso cuenta con una capacidad de 2500-

Ton. es descargada por dos alimentadores de placas, uno de velocidad fija y otro de velocidad variable. Ambos son capaces de manejar el tonelaje total, estos descargan a la banda No. 1 que como se mencionó descarga en la sección de trituración fina. Esta banda cuenta con un electroiman autolimpiable cuya finalidad es la de recolectar pedacería de hierro, que de no quitarse perjudicaría al equipo subsiguiente; posteriormente cuenta con un "detector de metales" (hierro) con sensor apagador automático que detendrá la banda si algún objeto de hierro logró pasar el electroiman.

La banda 1 descarga en una criba vibratoria de 6' por 14', donde se clasificará el mineral en dos tamaños + 2 1/2" y - 2 1/2". El primer producto alimenta la quebradora secundaria de cono Nordberg Symons de 5 1/2' con ajuste hidráulico que descarga en la banda No. 2 de 30" junto con el producto - 2 1/2" de la criba, esta alimenta la banda No. 3 de 30" que descarga en una tolva intermedia con una capacidad de 95 Ton. que cuenta con dos alimentadores de banda de 48", uno de velocidad fija y otro de velocidad variable. Cada uno descarga en una criba vibratoria de 6' por 16' de doble tela, clasificando el material en dos productos + 1/2" y - 1/2".

El producto + 1/2" es depositado en la banda No. 4 de 24" la cual alimenta la quebradora terciaria que es una Nordberg Symons de 5 1/2' cabeza corta con mecanismo hidráulico de ajuste.

El producto de la quebradora terciaria descarga sobre la ban

No. 2 juntándose con el producto - 2 1/2" de la perilla vibratoria y la descarga de la quebrada secundaria, retornándose a la tolva intermedia, cumpliéndose así el ciclo de circuito cerrado.

El producto - 1/2" de las cribas cae sobre la banda No. 5 de 24" que tiene instalado un pasómetro marca Mernick con la finalidad de llevar un control exacto del tonelaje quebrado.

Finalmente esta banda alimenta a la banda No. 6 de 24", en la descarga tiene un muestreador automático que corta cada diez minutos una muestra, que mediante cuarteo arroja una muestra representativa del mineral quebrado para determinar su ensa-ye y llevar el control de las leyes del mineral tratado.

Las tolvas de mineral fino son dos con una capacidad individual de 2260 ton. que son alimentadas mediante la banda No.6 que tiene la propiedad de poder alimentar la tolva de finos-que se desee.

La sección de trituración fina cuenta con recolectores de -- polvos para evitar pérdidas mínimas de valores y contaminación ambiental. Los polvos colectados serán bombeados a la-cabeza de los bancos de plomo.

XI.2 SECCION DE MOLIENDA Y CLASIFICACION

Esta sección opera los siete días de la semana, las 24 horas del día con una capacidad de 2110 Ton./día.

Cada tolva de finos es descargada mediante dos alimentadores de banda de 30" (uno de los dos alimentadores de cada tolva es de velocidad variable) estos descargan en bandas de 24" -- que individualmente alimentan a los molinos, ambas bandas -- cuentan con un pesómetro electrónico Ramsey.

Los molinos son dos de bolas Allis Chalmers de 10 1/2' por -- 14' con una capacidad de 44 Ton./Hr. cada uno, la descarga -- de cada molino se conduce a un depósito individual que cuenta con una bomba que envía la pulpa a los clasificadores que en este caso son dos ciclones D20- 8-869 Krebs colocados en serie para cada molino. La descarga de gruesos retorna a la alimentación de los molinos, los finos se descargan a un colector, de aquí son bombeados a un distribuidor de pulpa -- Denver que alimenta los bancos primarios de plomo.

XI.3 SECCION FLOTACION Y FILTRADO.

La flotación primaria de plomo se efectúa mediante dos ban-- cos en paralelo de nueve celdas cada uno con una capacidad -- por celda de 160 pies cúbicos.

El producto flotado de las primeras siete celdas de cada banco se bombea a la cabeza de dos bancos que son las limpiadoras de plomo que constan de ocho celdas cada uno con 50 piés cúbicos de capacidad por celda, la flotación de estos bancos se bombea a un tanque espesador de concentrado de plomo de 55' de diámetro, las colas de estos bancos son enviadas al circuito de remolienda de plomo.

Lo flotado en las dos últimas celdas de los bancos primarios de plomo son conducidos al circuito de remolienda en donde la pulpa es clasificada por medio de un ciclón D6 B - 838 Krebs. El producto grueso por gravedad alimenta un molino Allis Chalmers de 4' por 6', la descarga vuelve a pasar por el ciclón, cerrando así el circuito. Los finos son enviados a un tanque espesador de medios de plomo de 70' de diámetro, de este tanque se envía la pulpa a la cabeza de los bancos primarios de plomo.

Las colas de los bancos primarios son enviados a los tanques acondicionadores de zinc (dos en serie) de 10' por 10' de aquí la pulpa pasa a un distribuidor que alimentará los bancos primarios agotativos de zinc.

Los bancos primarios agotativos de zinc son dos en paralelo con ocho celdas cada uno con una capacidad por celda de 160 piés cúbicos. El producto flotado en las primeras cinco celdas de cada banco alimenta a dos bancos en paralelo de doce celdas cada uno con una capacidad por celda de 50 piés cúbicos llamados limpiadora primaria de zinc. El producto flotado de las veinticuatro celdas es enviado a la cabeza de la se

gunda limpiadora de zinc, que son dos bancos en paralelo - de seis celdas cada uno con una capacidad por celda de 50-pies cúbicos. El producto flotado en las doce celdas, enviado al tanque espesador de concentrado de zinc de 55' de diámetro.

El producto flotado en las últimas tres celdas de los bancos primarios agotativos de zinc y las colas de los dos -- bancos de la limpiadora primaria de zinc son llevados al -- circuito de remolienda.

Las colas de los bancos de la segunda limpiadora de zinc, - alimentan la cabeza de la primera limpiadora.

Por último las colas de los bancos primarios de zinc son - las colas finales.

El circuito de remolienda de zinc se lleva a efecto de la siguiente manera: La pulpa se envía a un ciclón D10-8838 - krebs, el producto grueso por gravedad alimenta un molino- de bolas Allis Chalmers de 4' por 6', la descarga de éste - vuelve a pasar por el ciclón cerrando así el circuito, el pro ducto fino es alimentado a la celda cuatro del banco llamado desplomadora, este está formado por ocho celdas de 50 pies cúbicos de capacidad por celda, el producto flotado en las cinco últimas celdas alimenta la cabeza de la misma desploma

dora, el producto flotado en las primeras tres celdas es enviado a la cabeza de los bancos limpiadores de plomo. Las colas de la desplomadora son enviados a un espesador de medios de zinc de 95' de diámetro, de este tanque se lleva la carga hasta el repartidor de pulpa que alimenta los bancos primarios de zinc.

Todos los espesadores utilizados tienen izado de los rastrillos automáticos, el motor de éstos está conectado a una fuente de energía eléctrica de emergencia, para cuando haya fallas en el suministro normal de corriente eléctrica.

Los concentrados, de su respectivo espesador pasan posteriormente a un filtro de tambor Eimco de 8' por 10', después el concentrado es conducido mediante bandas de 24" al patio de almacenamiento.

Las colas finales pasan a un asentador de 185' de diámetro, cuya finalidad principal es la de recuperar agua, el producto espesado es enviado mediante bombas a la presa de jales.

XI.4 REACTIVOS

Los reactivos usados en el proceso de flotación en la unidad de Taxco son los siguientes:

- Cianuro de Sodio (Na CN) y Sulfato de Zinc (Zn SO_4). Se prepara una solución con una concentración de 1.43 % de -

Na CN y 1.17 de Zn SO₄ en peso. Se alimenta en:

- a) Molinos primarios.
- b) Flotación primaria de plomo.
- c) Limpiadora de plomo.
- d) Circuito desplomador.

- Xantato Isopropilico de Sodio (Z-11). Se prepara a una con concentración de 2 % en peso y se alimenta en los siguientes puntos:

- a) Flotación primaria de plomo.
- b) Circuito desplomador.
- c) Acondicionadores de Zinc.
- d) Flotación primaria de Zinc.
- e) Primera limpiadora de Zinc.

- Sulfato de Cobre (Cu SO₄). Se prepara a una concentración de 6.8 % en peso. Se alimenta a los dos tanques acondicionadores de Zinc.

- Espumantes.- Acido Cresílico y Metil Isobutil Carbinol --
(AF-70) Se mezclan en partes iguales y sin diluir son ---
agregados en los siguientes puntos:

- a) Flotación primaria de plomo.
- b) Acondicionadores de Zinc.
- c) Limpiadoras primaria y secundaria de Zinc.
- d) Desplomadora.

- Cal Hidratada (CaO) Se prepara en una solución del 10% en-
peso y se alimenta en los siguientes puntos:

- a) Molinos primarios.
- b) Acondicionadores de Zinc.
- c) Limpiadoras primarias y secundarias de Zinc.
- d) Desplomadora.

- Floculante (Complex 25) Se prepara a una concentración de-
0.25% en peso y se alimenta en los siguientes puntos:

- a) Espesador de medios de plomo.
- b) Espesador de medios de Zinc.
- c) Espesador de concentrados de plomo.

d) Espesador de concentrados de Zinc.

e) Espesador de colas finales.

Todos los reactivos son preparados en recipientes especiales y posteriormente son bombeados hasta depósitos previos a los alimentadores para ser dosificados en las cantidades necesarias.

XI.5 CONTROLES Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD EN LA OPERACION

La planta cuenta con cinco tableros con controles remotos para toda la maquinaria, además cada máquina tiene su control local. Los tableros tienen luces indicadoras de buen funcionamiento y alarmas luminosas y sonoras que indican si alguna de las máquinas falla.

En la sección de trituración por ejemplo en caso de anomalía en cualquier parte del proceso se interrumpe el circuito eléctrico de la sección en sentido inverso al flujo del mineral a partir de la falla.

En el caso de las tolvas cuentan con detectores ultrasónicos de nivel que reflejan en unas carátulas que se encuentran en los tableros la cantidad de mineral que contienen. Si alguna de las tolvas llegará a su máxima capacidad, se interrumpe el circuito de toda la maquinaria anterior a esta. Como ejemplo, si la tolva del malacate fuera la que se llenó, automáticamente se cortaría la corriente eléctrica en el ma

lacate de manteo.

En conclusión se puede observar que es una planta en la cual se trata de evitar al máximo errores de operación producidos por algún hecho anormal.

XI.6 OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES.

En la actualidad la planta está trabajando a un máximo del - 66 % de su capacidad. La razón fundamental es el que la mina no está en condiciones de proveer el mineral suficiente - Para que se trabaje al 100 %, por lo que se hace urgente la aplicación de métodos de minado altamente productivos y así en un futuro próximo poder abastecerla al máximo de su capacidad.

Al no proveerse el mineral suficiente a la planta se hacen - comunes los errores de operación, como ejemplo tenemos el -- que la sección de molienda la paran constantemente, esto se ocasiona por trabajar los dos molinos con poco mineral almacenado en las tolvas de fino, en lugar de trabajar uno sólo al máximo de su capacidad, obviamente las recuperaciones se ven grandemente afectadas por estas anomalías.

Resulta pues obvio que una buena coordinación entre la producción de lamina y el tratamiento adecuado de esta resolverá el problema que no permite llevar a efecto la utilización máxima de un equipo instalado que es una de las metas a lograr en esta unidad.

DIAGRAMA DE FLUJO QUEBRADORAS

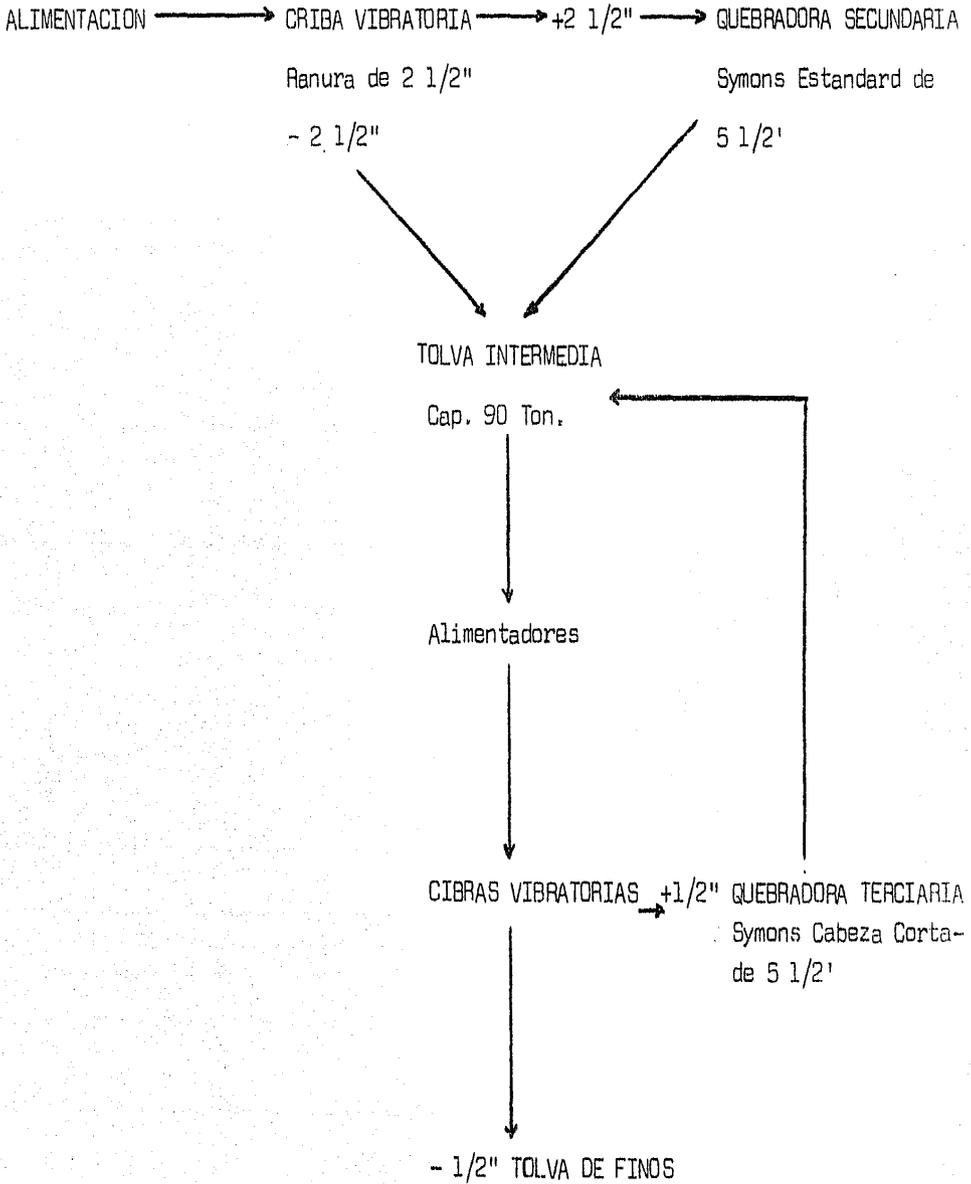


DIAGRAMA DE FLUJO

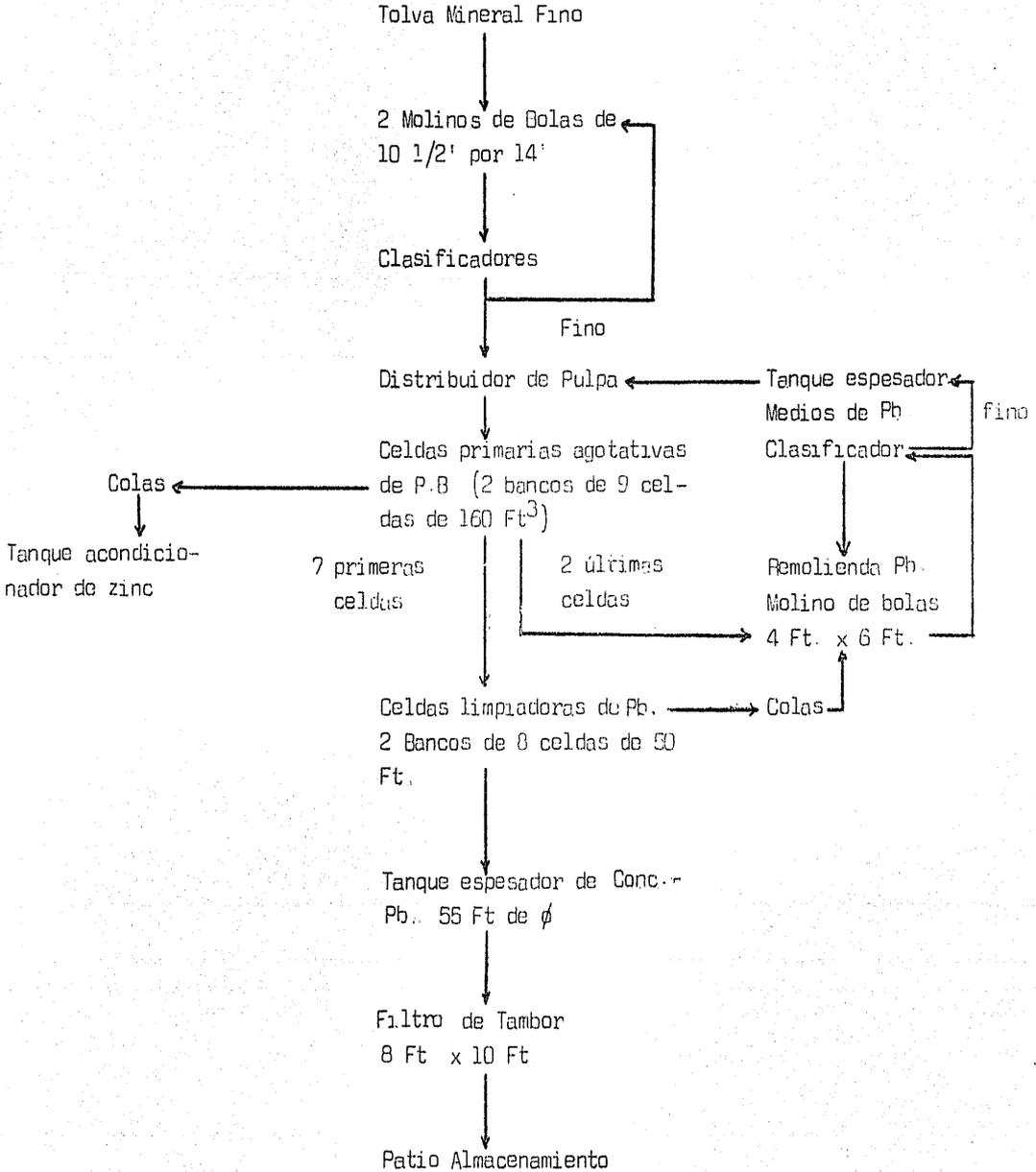
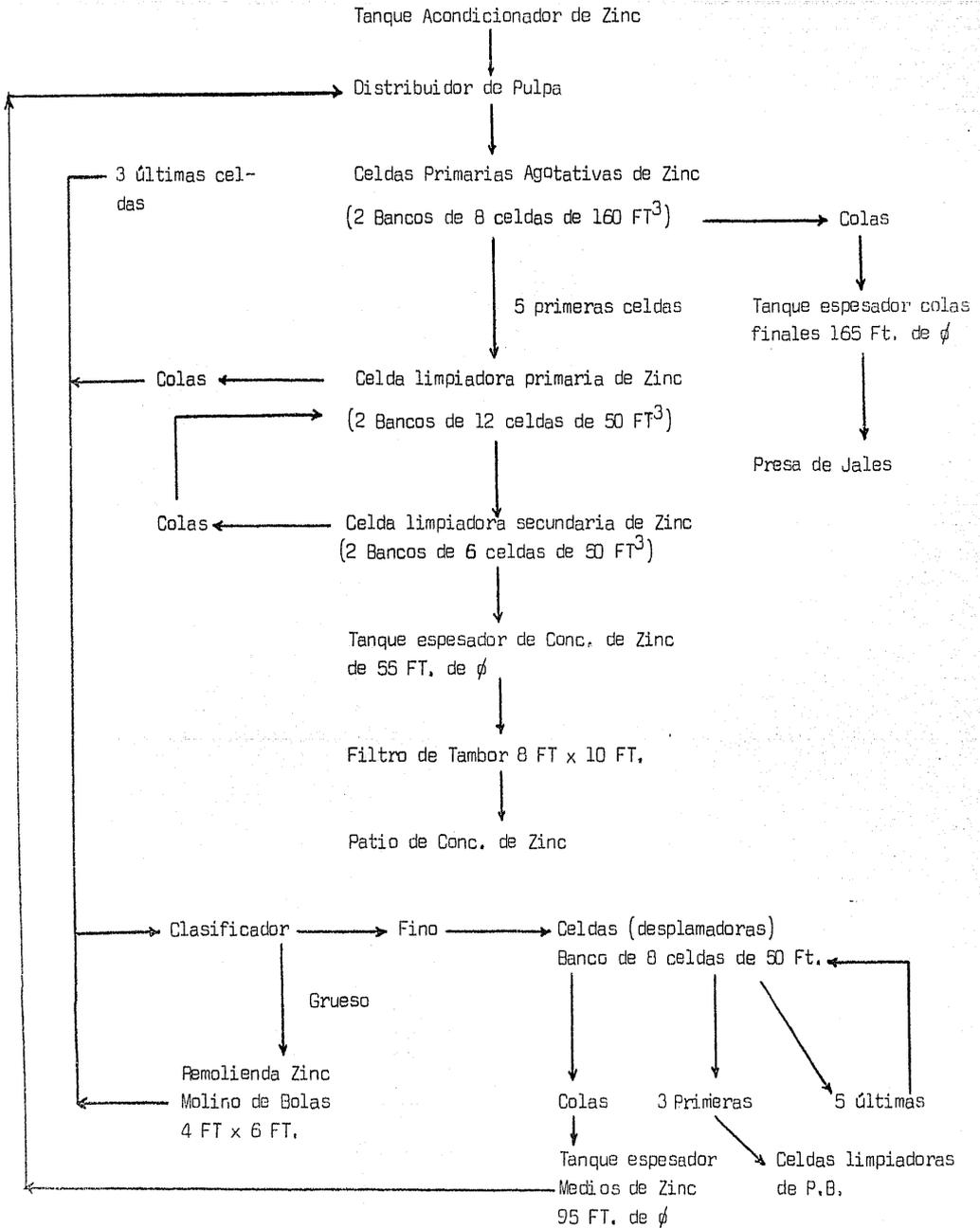


DIAGRAMA DE FLUJO



B I B L I O G R A F I A

Dupont, Manual para el Uso de Explosivos Editorial CECSA, México 1973.

Hoppe Richard Underground Mining: Bigger And Better Equipment Sours Unit Operations. Engineering and Mining Journal p. 91--111 Mc Graw Hill, U.S.A. Sept. 1975.

Lane White Open-pit Concepts Boost INCO Productivity Underground. Engineering and Mining Journal P.101-104 Mc Graw Hill, U.S.A. May. 1975.

Langefors y Kihlstrom. Técnica Moderna de Voladura de Rocas. Ediciones URMO, Bilbao España 1971.

Leija Vázquez J. Narciso Tesis Profesional San Luis Potosí, México 1973.

Madam M. Singh. What to Consider in Selecting Rock Bits. --- Portfolio of Successful Mining and Processing Techniques. Mc Graw Hill U.S.A.

Mining Engineering Handbook. AIME Vol. I. Cap. VI. U.S.A. 1973.

Rabone Philip. Concentración de Minerales por Flotación, Comisión de Fomento Minero, México, D.F. 1975.

Reunión Minera México-Suecia Capítulos sobre brucas y aceros para barrenar. México 1973.

Payan Franco, J. Manuel. Tumba en Vetas por Contrapozos Paralelos. Memoria de la XI Convención Nacional de la AIMMG. Pág. 811-836 Acapulco, Gro. Méx. 1975.