

0143 DESCARTE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
Facultad de Ingeniería



EXPLOTACION Y LIXIVIACION DE
MINERALES CUPROSOS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
Ingeniero en Minas y Metalúrgista

P R E S E N T A

MIGUEL FRIAS CHAVEZ

México, D. F.

1973



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
Exámenes Profesionales
Núm. 40-1015 C.U.
Exp. Núm. 40/214.2/

Al Pasante señor MIGUEL FRIAS CHAVEZ,
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.

"EXPLOTACION Y LIXIVIACION DE MINERALES CUPROSOS"

- I. Investigación Geológica Minera.
- II. Exploración y desarrollo del yacimiento.
- III. Selección del método de explotación, determinación de los costos unitarios.
- IV. Beneficio del mineral por lixiviación.

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.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D.F., 3 de Diciembre de 1973.
EL DIRECTOR

Juan Casillas G. de L.
Dr. Juan Casillas G. de L.

JCG
JCGL'NDA'cvt.-

EXPLOTACION Y LIXIVIACION

DE MINERALES CUPROSOS

EN

CUATRO CIENEGAS, COAHUILA.

A MI PADRE CON CARINO
CUMPLIENDO UNO DE SUS
MAS CAROS ANHELOS.

A MI ESPOSA CON AMOR
POR SU ESTIMULO Y AYUDA.

A MIS HERMANOS
COMO UN ESTIMULO.

A LA MEMORIA

DEL ING. DAVID CONTRERAS C.

AL ING. ARNULFO BERNAL B.

CON RESPETO Y GRATITUD

POR SU INCASABLE AYUDA.

A MIS MAESTROS.

A MI ESCUELA.

A MIS AMIGOS.

ESTA TESIS SE DESARROLLA PARA EL APROVECHAMIENTO DE MINERALES CUPROSOS EN FORMA DE CARBONATOS, -- SULFATOS, SILICATOS Y OXIDOS, DE BAJA LEY, CON -- UN CAPITAL DE INVERSION REDUCIDO, UTILIZANDO EL METODO DE LIXIVIACION POR AGITACION, PILAS DE -- ASENTAMIENTO Y PRECIPITACION.

INDICE GENERAL

	Página.
INTRODUCCION. - - - - -	3
USOS Y APLICACIONES DEL COBRE - - - - -	4
PRODUCCION NACIONAL Y PRECIOS ALCANZADOS- EN LOS ULTIMOS ONCE ANOS. - - - - -	4
FLUCTUACIONES EN LOS PRECIOS INTERNACIONA LES DEL COBRE. - - - - -	5
CALCULO DE LA TENDENCIA DE LOS PRECIOS -- DEL COBRE. - - - - -	6
ZONA MINERALIZADA DEL CANON DEL JABALI EN CUATRO CIENEGAS, COAH. - - - - -	9
GEOLOGIA DE LA REGION. - - - - -	10
ESTRATIGRAFIA. - - - - -	11
MINERALES. - - - - -	11
GEOLOGIA ECONOMICA. - - - - -	13
CONCLUSIONES CAPITULO I. - - - - -	14
II.- EXPLORACION Y DESARROLLO DEL MANTO -	
DE MINERAL CUPROSO EN LA MINA EL MANTO -- NEGRO. - - - - -	16
FACTORES QUE INTERVINIERON EN LA EXPLORA- CION ADECUADA. - - - - -	16
NORMAS QUE SE SIGUIERON EN EL DESARROLLO- DEL MANTO. - - - - -	17
FACTORES CONSIDERADOS EN LA ELABORACION - DEL DESARROLLO. - - - - -	17
TIEMPO EMPLEADO EN EL DESARROLLO. - - - -	19
COSTOS EN EL DESARROLLO. - - - - -	20
COSTO POR METRO DE AVANCE EN FRENTES. - -	27
COSTO POR METRO DE AVANCE EN CONTRAPOZOS.	32
CONCLUSIONES. - - - - -	32

III.- ESTUDIO DEL METODO DE EXPLOTACION - MAS APROPIADO PARA LA EXPLOTACION DEL MAN TO, INCLUYENDO EL CALCULO DE LOS COSTOS - UNITARIOS. - - - - -	34
FACTORES QUE NOS CONDUCEN A ELEGIR EL ME- TODO DE EXPLOTACION POR "SALONES Y PILA - RES" - - - - -	34
VENTAJAS DE LA EXPLOTACION POR SALONES Y PILARES. - - - - -	36
DESVENTAJAS DE LA EXPLOTACION POR SALONES Y PILARES. - - - - -	37
COSTO POR CONCEPTO DE OBRAS DE PREPARA -- CION . - - - - -	38
ORGANIZACION DE EVENTOS EN LA EXPLOTACION POR SALONES Y PILARES.- - - - -	38
COSTO DEL TUMBE DEL MINERAL EN LA EXPLOTA CION POR SALONES Y PILARES. - - - - -	39
REZAGADO Y ACARREO EN LA EXPLOTACION. - - -	44
COSTO EN EL REZAGADO Y ACARREO. - - - - -	46
COSTO POR TONELADA DE MINERAL PRODUCIDO - EN LA EXPLOTACION POR "SALONES Y PILARES"	47
IV.- TRATAMIENTO METALURGICO PARA MINERA- LES CUPROSOS OXIDADOS . - - - - -	48
HIDROMETALURGICA DEL COBRE. - - - - -	49
DEFINICION . - - - - -	49
VENTAJAS DE LIXIVIACION. - - - - -	49
DESVENTAJAS DE LA LIXIVIACION. - - - - -	50
LIXIVIACION EN PILAS. - - - - -	51
LIXIVIACION POR AGITACION. - - - - -	53
ESQUEMA DE TRATAMIENTO. - - - - -	54
ANALISIS QUIMICO DEL MINERAL. - - - - -	55
CARACTERISTICAS DE LOS MINERALES IDENTIFI CADOS EN LA REGION. - - - - -	

	Página.
TRITURACION Y MOLIENDA. - - - - -	55
TOLVA DE GRUESOS . - - - - -	56
QUEBRADORAS. - - - - -	59
TOLVA DE FINOS . - - - - -	62
MOLIENDA . - - - - -	63
DESCRIPCION DEL TANQUE LIXIVIADOR. - - - - -	67
COSTOS DEL EQUIPO DE LIXIVIACION. - - - - -	68
OPERACION DEL TANQUE LIXIVIADOR. - - - - -	69
CONSUMO DE ACIDO. - - - - -	70
PILAS DE ASENTAMIENTO. - - - - -	73
PRECIPITACION. - - - - -	74
CONSUMO DE CHATARRA DE FIERRO. - - - - -	76
CANALES DE PRECIPITACION. - - - - -	77
PATIO DE SECADO. - - - - -	78
COSTOS DE EQUIPO E INSTALACION. - - - - -	78
COSTOS DE OPERACION . - - - - -	79
COSTOS DE MATERIALES. - - - - -	80
COSTO DE ENERGIA ELECTRICA. - - - - -	80
COSTO DE GASTOS INDIRECTOS. - - - - -	81
COSTO POR TONELADA DE MINERAL LIXIVIADO. - - - - -	82
PROPORMA DE LIQUIDACION. - - - - -	82
INVERSION EN LA PLANTA DE LIXIVIACION. - - - - -	83
INVERSION TOTAL EFECTUADA. - - - - -	85
UTILIDAD ANUAL TOTAL. - - - - -	86
CONCLUSIONES . - - - - -	86

INTRODUCCION Y GENERALIDADES.

HISTORIA DEL COBRE:

El cobre fué uno de los primeros metales que empleó el hombre, descubierto en el ocaso de la edad de piedra hace unos 13,000 años antes de Jesucristo, algún cazador primitivo encontró en algún aluvión glacial, una pepita pesada, de color pardo oscuro y pudo comprobar que al rayarla, brillaba y aun que duro podía trabajarse, ya que era maleable y dúctil.

Pasado algún tiempo puede que cualquier artesano dedicado a la fabricación de utensilios, comprobó que el material era susceptible de trabajarse y pulimentarse, dándole posteriormente aplicación en la fabricación de arcos y herramientas. Posteriormente la demanda de estos utensilios fué mayor al comprobarse que eran más atractivos y prácticos que los fabricados de piedra, dando lugar a que las pepitas de cobre escasearan y que el hombre ocurriese a buscar esta nueva materia prima en los afloramientos de mineral. Más tarde puede haber ocurrido que algún hombre primitivo encontrase una pequeña pepita de metal entre los restos del fuego que había encendido inadvertidamente sobre algún afloramiento de mineral oxidado, para que posteriormente se iniciara la fabricación del metal en pequeña escala. Los egipcios hace 8,000 años antes de Cristo, utilizaban el metal para la fabricación de cuchillos y armas de cobre.

Los métodos de explotación utilizados eran tan rudimentarios que utilizaban el fuego para calentar la piedra y después le arrojaban agua para fracturarla y proceder posteriormente a usar sus rudimentarias herramientas, algunas de ellas fabricadas con madera y otras de piedra. Los metalurgistas descubrieron antes de la era cristiana que las aleaciones de cobre tenían propiedades más atractivas que el metal puro y como prueba de ello se ha encontrado un espejo de bronce que data del año de 1800 antes de Jesucristo.

Los Romanos fueron los que le dieron el nombre de CYPRIUM - debido a que trabajaban unas minas en la isla de Chipre en un lugar llamado Ciprum, posteriormente se convirtió la palabra en cuprum de donde se deriva el símbolo.

USOS Y APLICACIONES DEL COBRE.

El cobre se ha proyectado como el principal metal industrial y prueba de ello son algunas de las siguientes aplicaciones - en la:

Industria eléctrica y como conductor

Construcción de dínamos y motores

Artesanías

Fabricación de tubería

Aleaciones (bronce, latón, etc.)

Galvanoplastia

Fabricación de forros interiores para barcos

Producción de sales.

El sulfato cuprico se usa: en la medicina, en la metalurgia como reactivo, en la obtención de colores de cobre, en la conservación de la madera por el proceso de impregnación, - para cargar pilas eléctricas, para combatir la pronópera - en los viñedos, para el acanalado de las semillas destinadas a la siembra.

PRODUCCION NACIONAL Y PRECIOS ALCANZADOS EN LOS ULTIMOS CINCE AÑOS.

Examinando la producción nacional de Cobre a partir del año de 1960, se observa que ésta ha tenido sus altas y bajas, - pero en el transcurso de 10 años se ha obtenido un incremento del 10% en la producción, según se aprecia a continuación:

AÑO	PRODUCCION.
1960	56,647 ton.
1961	46,818 "
1962	54,019 "
1963	55,090 "
1964	52,072 "
1965	55,248 "
1966	56,513 "
1967	56,012 "
1968	61,110 "
1969	66,167 "
1970	61,012 "
1971	63,150 "
1972	78,720 "

La gran demanda internacional y las múltiples aplicaciones - en la Industrial de transformación, han sido factor decisivo en el alza del precio que se ha registrado actualmente, y la tendencia a futuro es a seguir una cotización mayor, lo que - hace atractivo invertir en la explotación y beneficio del Cobre, a continuación se tienen los precios alcanzados por el - Cobre en los años de 1962 a 1972, así como la gráfica de las - tendencias del Cobre:

FLUCTUACIONES EN LOS PRECIOS INTERNACIONALES DEL COBRE.

AÑO	PRECIO
1962	30.600 c Dll/lb.
1963	31.960 "
1964	35,017 "
1965	36,170 "
1966	38.226 "
1967	41.487 "
1968	47.534 "
1969	57.700 "
1970	

AÑO	PRECIO
1971	51.433 ¢ Dll/lb.
1972	50.612 "

CALCULO DE LA TENDENCIA DE LOS PRECIOS DEL COBRE.

No. de Orden.	X	Y	X ²	X Y
1	2	30.600	4	61.200
2	3	30.600	9	91.800
3	4	31.960	16	127.840
4	5	35.017	25	175.085
5	6	36.170	36	217.020
6	7	38.226	49	267.582
7	8	41.487	64	331.896
8	9	47.534	81	427.806
9	10	57.700	100	577.000
10	11	51.433	121	566.763
11	12	50.612	144	607.344
Total: =	77	451.339	649	3,450.336

X = Tiempo (años) $x_0 = 1960$ Y = Precio- cents. Dll/Libra.

Aplicando la fórmula de los mínimos cuadrados para determinar la recta promedio tenemos:

$$Y = a_0 + a_1 X$$

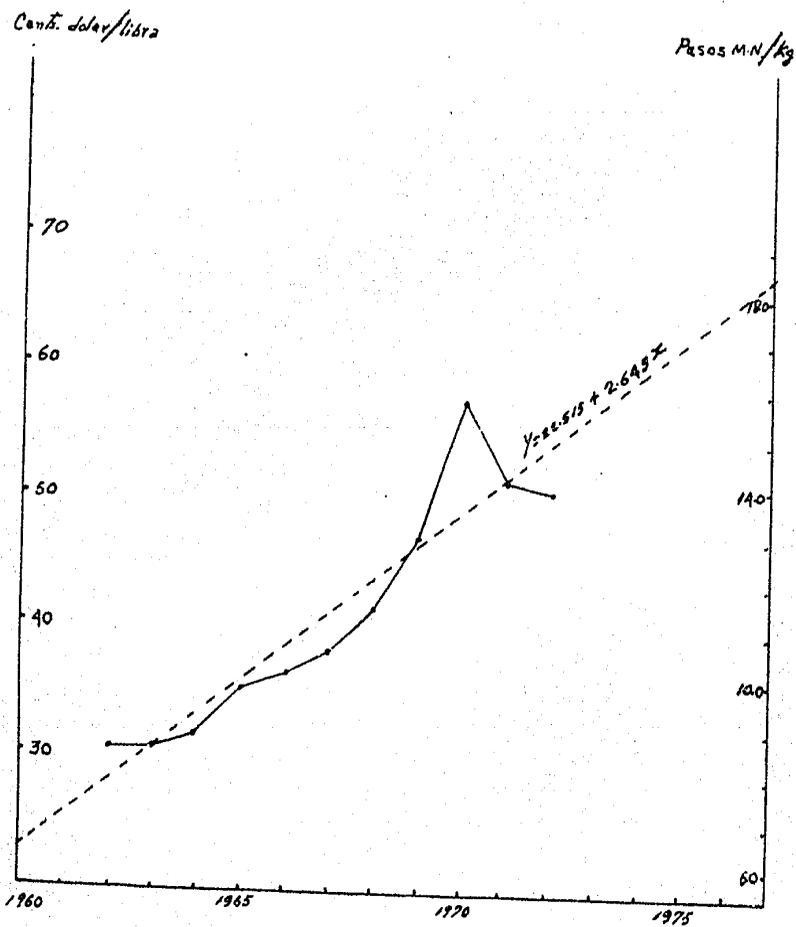
$$a_0 = \frac{(451.339)(649) - 77(3450.336)}{11(649) - (77)^2}$$

$$a_1 = \frac{11(3450.336) - 77(451.339)}{11(649) - (77)^2}$$

$$a_0 = \frac{292\,919.011}{7\,139} - \frac{265\,675.872}{5\,929} = \frac{27\,243.139}{1\,210} = 22.515$$

$$a_1 = \frac{37\,953.696}{1\,210} - \frac{34\,753.103}{1\,210} = \frac{3\,200.593}{1\,210} = 2.645$$

$$Y = 22.515 + 2.645 \cdot X$$



PRODUCCION MUNDIAL DE COBRE.

La producción mundial de cobre hasta el año de 1969, se ha incrementado notablemente con respecto al año de 1962, según se aprecia en los siguientes datos obtenidos de METAL-STATISTICS 1969-1970 FRANK FURT ALEMANIA.

ANO	PRODUCCION.	
1960	3,777,216	Ton.
1961	3,905,614	"
1962	4,041,306	"
1963	4,070,600	"
1964	4,285,900	"
1965	4,479,400	"
1966	4,651,400	"
1967	4,388,400	"
1968	4,731,000	"
1969	5,124,300	"

De acuerdo con el incremento en la producción que se observa se deduce que el consumo mundial es mayor a medida que transcurre el tiempo, por lo que el precio en el mercado mundial del Cobre, se seguirá incrementando en el futuro.

ZONA MINERALIZADA DEL CANON DEL JABALI EN CUATRO CIÉNEGAS,
COAH.

ANTECEDENTES MINEROS:

La mina denominada "El Manto Negro" propiedad del Sr. Antonio Garza Villarreal, ha sido trabajada por Cobre en diferentes ocasiones sin resultados positivos por el bajo contenido de Cobre que tienen los minerales que se presentan en forma de carbonatos, en la actualidad estos minerales son susceptibles de explotación debido a los precios alcanzados por el Cobre y por el panorama tan halagador que se presenta a futuro con respecto a su precio.

LOCALIZACION:

La zona minera se encuentra en el Municipio de Cuatro Ciénegas, Estado de Coahuila, a 38 Kms., al Sur de la Población de Cuatro Ciénegas y 12 Kms. al Poniente del Ejido de "PALOMAS", con una altura sobre el nivel del mar de 1250 Mts. Las coordenadas Geográficas son: Latitud Norte $26^{\circ} 36'$, Longitud W.G $102^{\circ} 05'$.

ruta de acceso y vias de comunicacion:

Partiendo de la Población de Cuatro Ciénegas, Coah., se recorren 38 Kms. de carretera pavimentada que va a la Ciudad de San Pedro; de ahí se recorren 21 Kms. de terracería con rumbo al Oriente, para después recorrer 3 Kms. de brecha, se llega al lugar objeto del presente estudio.

CLIMA.

El clima de la región se puede considerar como semidesértico con escasas lluvias que llegan a presentarse como chubascos entre los meses de Mayo y Septiembre, el resto del año es seco, la temperatura en el verano es del orden de 37°C y en invierno de 9°C , con heladas muy frecuentes.

FLORA Y FAUNA.

Acorde con el clima, la flora es escasa y está formada principalmente por arbustos y plantas características de las regiones desérticas; huizaches, mezquites, pitayas, lechugui-

llas, maguey, sotol, nopal, gatuño, cacto, etc. etc.
La agricultura es escasa ya que se tiene una gran cantidad de salitre en casi todas las tierras de la región.

GEOLOGIA DE LA REGION. (PLANO No.1)

a) GENERALIDADES.

En la región minera del "Cañón del Jabalí" se encuentra una gran cantidad de catas que ponen de manifiesto la presencia de el manto mineralizado, que corre con un rumbo de oriente a poniente, localizándose en ambas márgenes del Cañón, en una longitud aproximada de 25 Kms. En la actualidad gran parte de este manto mineralizado ha sido totalmente erosionada, quedando únicamente una serie de pequeños mantos localizados en el mismo nivel y a todo lo largo del cañón.

b) GEOLOGIA HISTORICA.

Durante el principio del cretácico, la Península de Coahuila era macizo Continental, emergido al Occidente de la región y sujeto a un proceso lento de erosión, se formaron grandes depósitos de sedimentos en las márgenes de la Península, constituyendo las capas del cretácico Inferior; en aguas profundas se depositaron grandes cantidades de carbonato de calcio, y en aguas someras también, aunque en menor proporción y en forma de arrecifes con bancos de rudistas como la formación aurora.

Durante el cretácico Inferior el mar mexicano se extendió hacia el Occidente quedando probablemente emergido por un corto intervalo la región de estudio. Al terminar el cretácico toda el área de la región se elevó sobre el nivel del mar, plegándose y erosionándose la cresta de los anticlinales.

c) GEOLOGIA LOCAL.

1.- Rocas Sedimentarias:

Las rocas Sedimentarias en esta área son calizas y dolomitas que fueron depositadas en el cretácico Inferior (forma-

ción Aurora), también se tiene la presencia de grauvacas, areniscas, lutitas y la formación taraises que está formada por areniscas de grano grueso y limonitas de color rojo.

Las rocas calizas se encuentran fuertemente erosionadas y han sufrido fuertes efectos de compresión y tensión - lo que ha dado origen a varias fallas que se manifiestan en la superficie en forma de pequeños arroyos.

2.- Rocas Igneas.

En la Zona objeto de este estudio no se manifiesta en la superficie la presencia de las rocas ígneas.

ESTRATIGRAFIA.

La columna estratigráfica de esta zona de la formación más antigua a la más joven es como sigue:

Conglomerado y areniscas de color rojo (formación Taraises).

Arenisca carbonosa grano fino (horizonte mineralizado)

Caliza altamente Silicificada (estéril)

Caliza Dolomítica (formación Aurora)

Aluvión.

Los estratos de la caliza Aurora tienen un espesor variable - de 0.30 mts. a 9.0 mts. siendo muy comunes los que tienen 0.5- mts., en la Caliza gris abundan las rudistas lo mismo que los nódulos de pedernal que varían de color, café rojizo a negro, los nódulos generalmente tienen un diámetro de 5 a 8 cms.

MINERALES.

1.- Los estratos mineralizados tienen un espesor que varía -- de 0.50 a 1.20 mts., presentándose varios a la vez, con cintas de pedernal intercaladas. La potencia mineralizada en -- promedio es de 4.00 mts., considerando todos los estratos -- mineralizados.

La mena del mineral cuproso está constituida por:

Carbonatos: Malaquita $\text{Cu}_2 (\text{OH})_2 \text{CO}_3$
 Azurita $\text{Cu}_3 (\text{OH})_2 (\text{CO}_3)_2$

Oxidos: Cuprita Cu_2O

Silicatos: Criscola $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Sulfuro Secundario Calcosita Cu_2S

Y las características de cada mena son:

MALAQUITA: $\text{Cu}_2 (\text{OH})_2 \text{CO}_3$

Cristaliza en el sistema monoclinico, tiene fractura subconcoïdal, con color verde brillante, la rayadura es de color verde pálido, su composición es de 19.9% de Dióxido de carbono, 71.9% óxido cúprico y 8.2% de agua; Expuesta al fuego de flama color verde esmeralda. Es de origen secundario, formada por la acción de las aguas carbonatadas sobre depósitos de cobre, originando la alteración y oxidación de estos.

AZURITA: $\text{Cu}_3 (\text{CO}_3)_2 (\text{OH})_2$

Cristaliza en el sistema monoclinico, tiene fractura concoïdal, lustre vítreo casi adamantino, el color varía de azul cielo a azul Berlín, la rayadura es de color azul, está formada por 25.6% de Dióxido de carbono, 69.2% de óxido cuprico, 5.2% de agua. La formación de la Azurita se originó por contacto de fragmentos de calcita en una solución de nitrato de Cobre. Es de origen secundario y se encuentra en las porciones superiores oxidadas de los depósitos minerales.

CRISOCOLA: $\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Cripto cristalina, con frecuencia como opalo ó de textura

como esmalte, la fractura es concoidea, con lustre vítreo, brillante con color verde montaña ó verde azul pasando a azul cielo y azul turquesa, la rayadura es de color blanco, está formada 34.3% de Sílice, 45.2% de óxido de cobre, -- 20.5% de agua, expuesta a la flama da color verde esmeralda, comunmente se encuentra asociada con minerales secundarios de cobre en las zonas de alteración.

COVELITA: CuS

Tiene cristalización exágonal, lustre submetálica o resinoso, color azul índigo ó más oscuro, algunas veces tiene mancha púrpura, la rayadura es de color gris plomo a negra, contiene 33.6% de azufre y 66.4% de cobre, al quemarse desprende humos sulfurosos con flama azul cielo. Es de origen Secundario formada durante la alteración y enriquecimiento de los minerales de Cobre por la acción de las soluciones descendentes.

GEOLOGIA ECONOMICA.

En general puede considerarse a la región en estudio como una zona promisoras de pequeños yacimientos, en atención a las múltiples catas y pequeños prospectos localizados en una longitud de 25 Kms., a continuación se mencionan algunas características de la mineralización.

- 1.- El espesor del manto mineralizados en la arenisca carbonosa es de .60 mts. en promedio.
- 2.- El espesor del manto mineralizado de la arenisca verdes es de 3.00 mts.
- 3.- El echado del manto en promedio es de 17° .
- 4.- El buzamiento del manto es hacia el Sur.
- 5.- La mineralización penetra 15 mts. en el manto de la arenisca carbonosa.
- 6.- La mineralización penetra 15 mts. en el manto de la arenisca verde.
- 7.- En la región se tienen 3 mantos de arenisca con bandas-

intercaladas de pedernal estéril y un manto de arenisca carbonosa.

8.- En los estratos mineralizados inferiores se tienen la presencia de los sulfuros secundarios (Covelita).

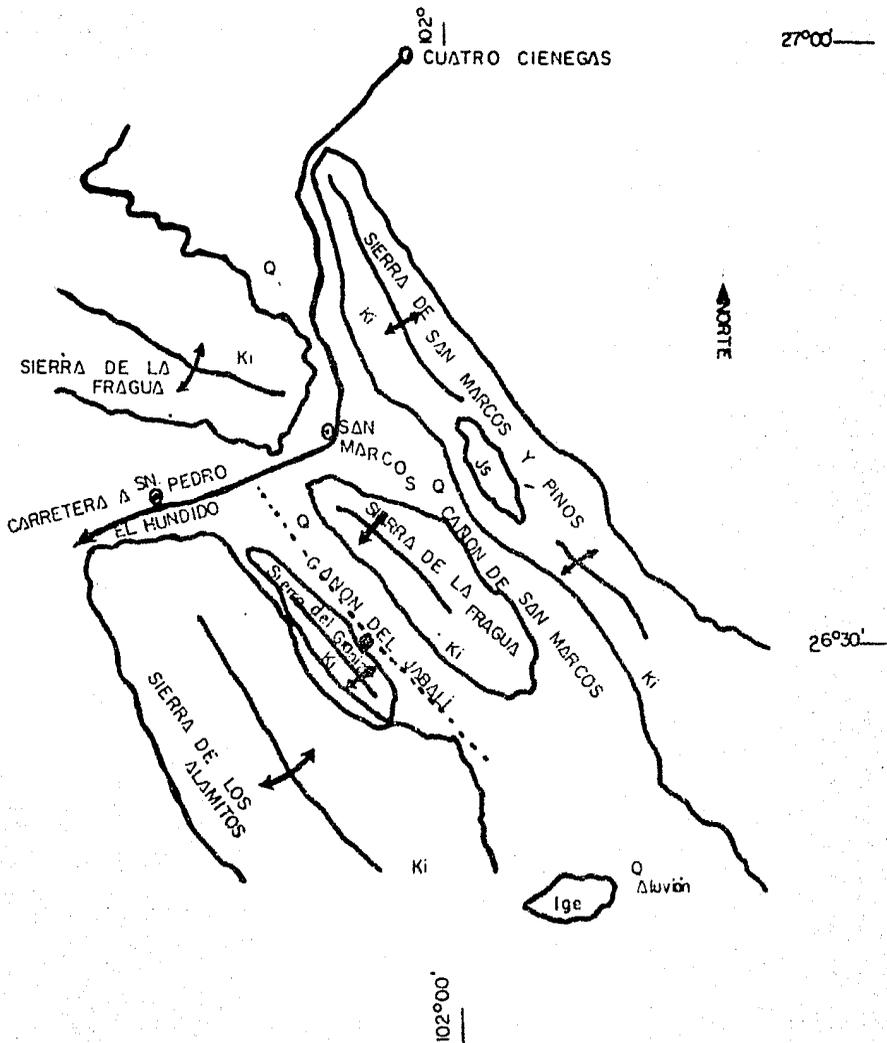
9.- El cobre se presenta en forma nativa con color rojo cúpreo, con dureza de 2.5 a 3, con fractura concoidal.

CONCLUSIONES:

De acuerdo con lo descrito en este capítulo se llega a la conclusión que se tiene una zona minera, que es necesario investigarla, ya que los afloramientos que se tienen ponen de manifiesto la presencia de un manto mineralizado con cobre, y a la vez se tienen bastantes probabilidades de localizar un manto grande y continuo, ya que se tiene el antecedente de que aflora el mineral en las barrancas circundantes a la del Jabalí en una longitud que varía de 200 a 300 mts. por lo que esta zona puede resultar potencialmente rica.

El problema principal del aprovechamiento de esta zona minaralizada, es que al presentarse los minerales "oxidados" es dificil concentrarlos económica y comercialmente, con los me -- dios y procesos conocidos actualmente, por este motivo no ha -- bía sido posible su desarrollo, ya que para beneficiar estos mi -- nerales, se tienen que transportar a la fundición de San -- Luis Potosí o a Cananea, Sonora, y con la baja ley de cobre que -- tienen, no se alcanza a cubrir los gastos de flete y ma -- quila, por lo que han sido incosteables por muchos años, pero ahora el panorama minero en la región es bastante halagador, pu -- después se ha logrado la unión de varios pequeños empresarios, para -- explorar y desarrollar la zona minera del Jabalí, con mi -- ras a explotar la región y efectuar la instalación de una pe -- queña planta piloto, para beneficiar los minerales oxidados por -- el método de lixiviación, aprovechando el bajo contenido que -- tienen en carb -- natato de calcio y fierro.

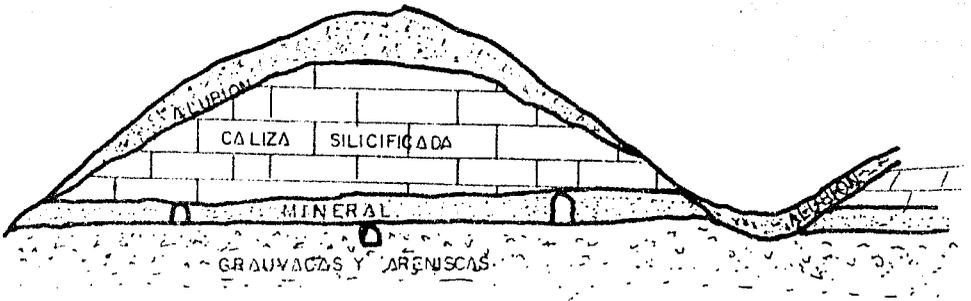
De resultar económicamente posible la lixiviación de los mi -- nerales en esta zona, se tiene un panorama favorable para el pe -- queño minero.



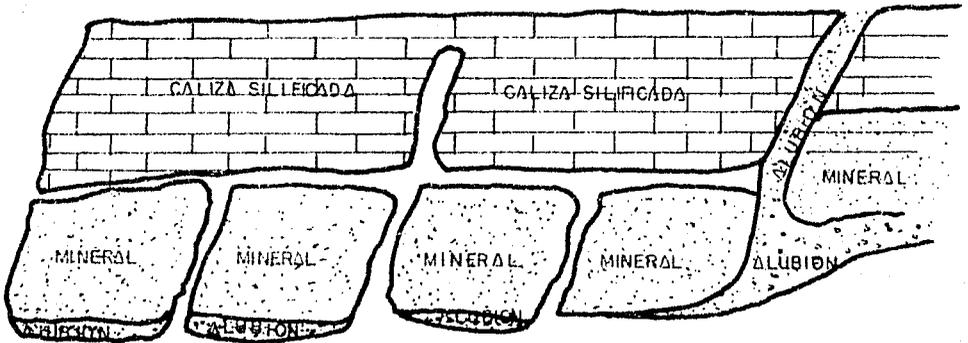
GEOLOGIA REGIONAL
Plano N° 1

SIMBOLOS	
Q Cuaternario	— Carretera
Ki Cretacico Inferior	⊙ Poblado
Ige Igneo Extrusivo	↘ Arroyo
J _s Jurascico Superior Camino de terraceria
⊕ Anticlinal	

ESC. 1: 500,000



SECCION VERTICAL



SECCION HORIZONTAL

DESARROLLO DEL MANTO MINERALIZADO

FIG. 1

CAPITULO II

EXPLORACION Y DESARROLLO DEL MANTO DE MINERAL CUPROSO EN LA MINA EL MANTO NEGRO.

Los factores que se tomaron en cuenta para la exploración - adecuada, son los siguientes:

- 1.- Cuerpo mineralizado en forma de manto, teniendo como base para su localización los accidentes geológicos que se manifiestan en la superficie.
- 2.- Mineralización dentro de una estructura bien definida.
- 3.- Manifestaciones superficiales del manto.
- 4.- Capacidad económica reducida.
- 5.- Inmediato aprovechamiento del mineral costeable durante la exploración.

De acuerdo con los factores mencionados y la descripción - del yacimiento que se hace en el capítulo anterior la exploración de los yacimientos en forma de mantos que se presentan en la zona de Cuatro Ciénegas, es necesario que sea directa y sobre la mineralización, para obtener un inmediato aprovechamiento del mineral.

Las obras mineras antiguas son algunas pequeñas catas que - ponen de manifiesto al cuerpo, permitiéndonos conocerlo, en una longitud de 200 mts. a lo largo del cañón del Jabalí, - el ancho mineralizado del manto fué determinado por medio - de un socavón que tiene 30 mts. de cuelle, con el que se determinó que solamente existen 15 mts. mineralizados.

Estas obras nos hicieron suponer que contamos con un cuerpo de 200 X 15 X 4 mts. lo que nos dá un tonelaje probable para desarrollar de 30,000 ton. suponiendo una densidad de - 2.5; la ley de cobre varía de 2.0% a 3%, por lo que se puede considerar en una forma conservadora una ley promedio de 2.5% Cobre.

En las obras de desarrollo se siguieron las siguientes normas y se adquirieron los siguientes costos:

- a).- Debido a que la mineralización en la región se presenta en forma de mantos descontínuos, el presente estudio se enfocó al manto de mayores dimensiones conocido en ésta zona minera.
- b).- Las obras horizontales que se efectuaron tienen una dimensión aproximada de 2.00 X 2.00 y un avance efectivo por tronada de 1.4 mts.
Las obras verticales que se efectuaron tienen una dimensión de 1.80 X 1.80 mts. de sección.
- c).- Se trabajaron dos turnos con dos máquinas perforadoras el primer turno se empleó para la barrenación. El segundo turno se empleó para rezagar y amacizar.
- d).- La velocidad de barrenación fué de 25 cm/min.
- e).- En cada tronada se quedó un promedio de 10 cm. de barrenación (chocolón) sobre los cuales no hacen efecto los explosivos.
Los grupos de barrenos que se necesitaron dar son:

	Frente	Contrapozo
1). Cuña	5 barrenos	5 barrenos
2). Ayudante	8 barrenos	4 barrenos
3). Empareje	8 barrenos	8 barrenos

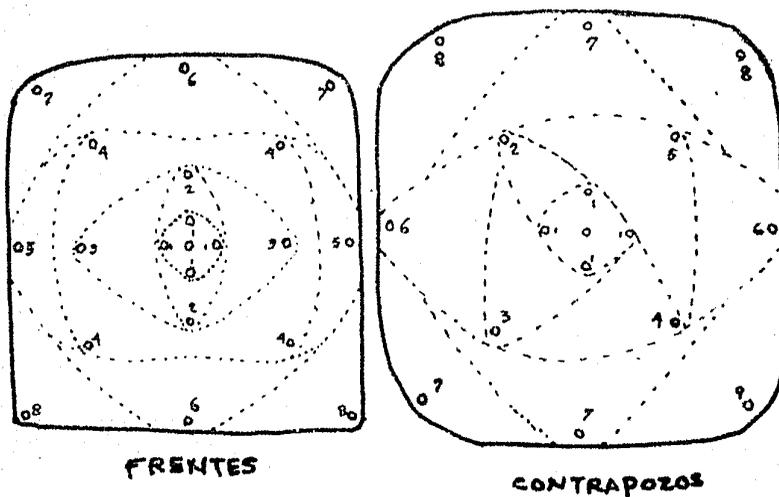
Los factores que consideramos en la elaboración del desarrollo son:

- 1.- Tiempo necesario para cubicar el manto en estudio.
- 2.- Costo del desarrollo.
- 3.- El equipo que se ha empleado.
- 4.- Cálculo del compresor, y su adquisición con fomento minero.

A continuación se mencionan los siguientes puntos que intervinieron en el cuele de las obras mineras que se emplearon:

	Frentes y cruceros	Contra pozos.
a) Número de barrenos	21 barrenos	17 barrenos
b) Trazo de barrenación		
c) Tronada de la barrenación		
d) Barrenación		
e) Retiro de la rezaga		
f) amacice de la labor		

GROQUIS EXPLICATIVO DE LAS BARRENACIONES.



TIEMPO EMPLEADO EN DESARROLLO.

Tomando en consideración el manto mineralizado que tiene - dimensiones probables de 200 mts. de largo por 15 mts. de ancho, y 4 mts. de espesor (Esto se considera por existir actualmente un crucero que corta el manto a todo lo ancho y continúa aún fuera de mineralización, el cual fué colado como obra de exploración; así mismo la longitud del manto se supone que es de 200 mts., por existir afloramientos -- del mismo en los extremos manifestados por dos pequeños -- arroyos). El desarrollo se efectuó formando 4 bloques de mineral con dimensiones de 48 X 13 X 4 mts., de acuerdo a lo anterior se tiene una longitud horizontal desarrollada de:

Crucero	60 mts.
Frente	194 mts.

Total: 254 mts.

Avance 1.4 mts. por tronada.

Con dos máquinas trabajando en diferentes labores se tiene un avance de 2.80 mts./día.

El 2o. turno rezaga el mineral tumbado en el 1er turno. El tiempo empleado en el desarrollo horizontal fué de:

$$\frac{254}{2.8} = 91 \text{ días.}$$

Tiempo para colar 1 contrapozo de exploración de 1.80 X -- 1.80 X 18 mts. = 13 días.

Tiempo total en el desarrollo = 91 días.

Tiempo total en la exploración = 13 días.

El tiempo real empleado contando domingos y días festivos e imprevistos fué de 4 meses.

COSTOS EN EL DESARROLLO.

Los costos en el desarrollo se dividieron en costos directos e indirectos:

- 1.- Costos directos. Estos costos están en función de la producción y son susceptibles de variarse de acuerdo con el trabajo, los que se pueden clasificar en:
 - a) Fuerza
 - b) Mano de obra
 - c) Materiales.
- 2.- Costos indirectos. No dependen de la producción y entre otros están los siguientes: Gastos generales, supervisión, impuestos, oficinas foráneas, hospital, seguros, etc. etc.

CALCULO DEL COSTO DEL AIRE COMPRIMIDO.

Para desarrollo del cuerpo mineralizado se dispuso de un compresor de 180 pies cúbicos/minute, adquirido a un costo de \$90,000.00 (noventa mil pesos), la amortización se hará en diez años con un turno de trabajo de 5 horas efectivas por turno, el año se consideró de 300 días laborables.

$$5 \times 300 = 1500 \text{ horas/año}$$

$$1500 \times 10 \text{ años} = 15000 \text{ horas de trabajo efectivo.}$$

Se consideró un 20% del costo del compresor para reparaciones y refacciones del mismo durante los 10 años \$18,000.00.

$$\text{Costo del compresor por hora} = \frac{\$ 108,000}{15,000} = \$7.20/\text{hora.}$$

Las condiciones antes descritas fueron con el objeto de calcular una depreciación en 10 años; aunque según nuestro contrato con la Comisión de Fomento Minero podemos rentarlo con opción de compra a 5 años.

El compresor comprime 180 pies³/min., en una hora tenemos -- 10,800 pies³ de aire comprimido y el costo del millar de -- pies³ es de \$7.20/10.8 = \$0.66.

La depreciación del compresor por millar de pies³ producido = \$0.66.

COSTO DEL CONSUMO DE ENERGIA.

Consumo de combustible.

El motor diesel que acciona al compresor es de 48 H.P. y el consumo de combustible de 1 H.P. = 200 gr. de diesel/hora, y la densidad del diesel es de 0.9.

$$48 \times 200 \times 0.9 = 8.64 \text{ lts./hora}$$

$$\text{Consumo} = 8.64 \text{ Lts./hora.}$$

Precio	Cantidad	Valor/hora.
\$0.36/litro.	8.64 lts.	3.11

El costo del consumo de combustible por millar de pies³ = -
3.11 = \$0.28

10.8

El costo por consumo de aceite por el compresor es de \$0.02 por millar de pies³ producido.

MANO DE OBRA.

Se dispone de un operador para el compresor, que recibe un sueldo de \$35.00

$$\frac{\$35.00}{54,000 \text{ pies}^3} = \$0.65$$

Mano de obra = \$0.65 por millar de pies³.

R E S U M E N:

Depreciación de equipo	\$ 0.66
Combustible	0.28
Aceite	0.02
Mano de obra	<u>0.65</u>
	\$ 1.61

El costo total del millar de pies³ es de \$1.61.

COSTO POR METRO DE AVANCE EN FRENTES.

Los frentes que se colaron en el desarrollo tienen sección de 2.00 X 200 mts. y se dieron con 21 barrenos de 1.50 mts. de profundidad, con lo que se obtuvo un cuele efectivo de 1.40 mts. Los barrenos tienen la siguiente distribución: 5 de cuña, 8 ayudantes y 8 de empareje. Se uso dinamita ge lamex de 60%, fertimón, cañuela negra, fulminante del No.6 conectores y thermalite.

La mano de obra consiste en un perforista, un ayudante de perforista y dos rezagadores.

El equipo consta de una máquina perforadora, pierna neumática, un juego de barras de 3' X 5' y dos carros mineros y palas para los trabajos mineros manuales. Se hace la relación que por tratarse de una operación minera a baja escala, el mantenimiento de los carros mineros y las pistolas perforadoras así como el funcionamiento del compresor, lo efectuó la persona destinada como compresorista, por lo que el cargo de mano de obra de éste fué cargado al millar de pies³ producido.

DATOS GENERALES.

Número de barrenos	21
Longitud total barrenada	31.50 mts.
Velocidad de barrenación	0.25 "/min.
Tiempo de barrenación	126 min.
Movimiento de máquina 20% del tiempo de barrenación	25.2 min.
Consumo de aire de la máquina	151.2 " X 90 pies ³ =
	13,608 pies ³ .
Tiempo de cargado de 20 barrenos X 0.75 min.	= 15 min.
Consumo de aire del cargador	400 pies ³ /3 min. X 15 =
	6,000 pies ³ .
Consumo de aire total =	19,608 pies ³ .
Tonelaje tumbado 2.0 X 2.0 mts. X 1.4 X 2.5	= 14.0 ton.
Tomando en cuenta lo anterior se obtuvo el costo del metro de avance en frente.	

COSTOS UNITARIOS EN PRENTES.

a) DEPRECIACION DEL EQUIPO.

El equipo de perforación y acarreo será depreciado en 3 - años de 300 días de trabajo.

Equipo.- Perforadora Atlas Copco-tigre	\$ 8,000.00
50% por refacciones.	<u>4,000.00</u>
Total:	\$12,000.00

Costo de dos carros mineros de 3/4 de ton. y refacciones:
\$10,400.00

Depreciación de carros mineros = $\$ \frac{10,400.00}{900 \times 1.4} = \$ 8.26/\text{mt.}$

Depreciación de perforadora = $\$ \frac{12,000.00}{900 \times 1.4} = \$ 9.52/\text{mt.}$

Total del costo de depreciación del equipo minero por metro - de avance = \$ 17.78

b) MANO DE OBRA.

Categoría	Sueldo	7o. día.	Alcance.
Perforista	\$ 40.00	\$ 6.66	\$ 46.66
Ayte.perforista.	30.00	5.00	35.00
dos rezagadores.	30.00 c/u.	5.00 c/u.	70.00
T o t a l:			<u>\$ 151.66</u>

GOSTO DE MANO DE OBRA
por metro de avance:

$\frac{\$151.66}{1.4} = \$ 108.33$ (no se pagaron - bonos).

c) COSTO DE EXPLOSIVOS.

20 bombillos de dinamita Gelamex del 60% a \$1.30 c/u.	\$ 26.00
16 kgs. de fertimon a 2.66 el kilo.	41.60
40 mts. de cañuela a 0.90 mt.	36.00
20 fulminantes a \$0.36 C/u.	7.20
20 conectores a \$0.36 c/u.	7.20
20 mts. de termalita a \$0.90 mt.	<u>18.00</u>
T o t a l:	\$ 136.00

$$\frac{136.00}{1.4} = \$ 97.14$$

COSTO DE EXPLOSIVOS POR METRO DE AVANCE: \$ 97.14

d) COSTO DE ACERO DE BARRENACION:

El costo de una barra es de \$262.50 y admite 7 afiladas, con un costo de \$1.50 por afilada, con lo que se barrena una longitud total de 220 mts.

Acero	\$ 262.50
7 afiladas	<u>10.50</u>
T o t a l:	273.00

Costo de acero por metro barrenado - $\frac{\$ 273.00}{220} = \1.24

Se barrena una longitud de 31.5 mts. para tener 1.40 m.- de cuele.

Costo de acero por metro de avance en frentes =

$$\frac{1.24 \times 31.5}{1.4} = \$ 27.90$$

e) COSTO DEL CONSUMO DE ACEITE DE LA PERFORADORA.

Se consume aproximadamente un litro de aceite de perforadora por turno a razón de \$2.40 lto.

$$\frac{1 \times 2.4}{1.4} = \$ 1.71/\text{mt. de avance.}$$

f) MANGUERAS Y LUBRICADOR.

Las mangueras usadas en la barrenación tienen una longitud de 15 mts., con el siguiente valor:

15 mts. de manguera para alta presión de 1" para aire.....	\$ 652.10
15 mts. de manguera de 1/2" de alta	254.00
1 lubricador	<u>200.00</u>
T o t a l :	\$1106.10

La duración de las mangueras es de 1 año ó sea 300 días.

$$\frac{1,106.10}{300} = \$ 3.68$$

El costo por metro de avance por este concepto es de:

$$\frac{3.68}{1.4} = \$ 2.63/\text{mt.}$$

g) COSTO POR CONCEPTO DE TUBERIA.

Un tubero con su ayudante colocan 6 tramos de tubería de 1" ó de 2" por turno, de donde:

Mano de obra:

Categoría.	Sueldo.	7o. día.	Alcance.
Tubero	\$ 35.00	\$ 5.83	\$ 40.83
Ayte. tubero.	30.00	5.00	<u>35.00</u>
T o t a l:			\$ 75.83

$$\text{Por lo tanto } \frac{75.83}{18} = \$ 4.22/\text{mt.}$$

MATERIALES PARA LA TUBERIA.

1 mt. de tubería de 2"	\$ 15.20
1 mt. de tubería de 1"	7.10
1/6 de cople de 2" = 9.54/6	1.59
1/12 de t de 2" = 26.40/12	2.20
1/6 de cople de 1" = 5.40/6	0.90
1/12 t de 2" = 26.40/12	1.05
1/18 de unión universal de 2" = 24.00/18	1.37
1/18 de unión universal del 1" = 18.09/18	<u>1.01</u>
T o t a l:	\$ 30.42

Costo de materiales por metro de avance \$ 30.42

h) COSTO DE VIA.

Mano de obra:

Un rielero y su ayudante colocan tres tramos de vía por turno:

Categoría.	Sueldo.	7o. día.	Alcance.
Rielero	\$ 35.00	\$ 5.83	\$ 40.83
Ayte. Rielero	30.00	5.00	<u>35.00</u>
T o t a l:			\$ 75.83

$$\frac{\$ 75.83}{18.00} = \$ 4.14/\text{mt. de avance.}$$

MATERIALES:

Los rieles son de 25 lb/yd con un costo de	\$ 2,500.00
la tonelada, siendo el costo por metro de	37.50
2 mts. de riel de 25 lb/yd a \$37.50	= 75.00
4/6 mts. de planchuela a 3.77 C/u.	= 1.29
8/6 mts. de tornillo de 5/8" X 2" para	
planchuela a 0.97 c/u.	= 1.29
24/6 mts. de clavo para riel a \$0.90 C/u =	3.60
2 durmientes 4" X 5" X 1.09 mts. a \$9.00 C/u.	<u>18.00</u>
Costo total de materiales:	\$ 136.68
	\$136.68/mt.de avance.

(I).

COSTO DE AIRE COMPRIMIDO.

Tomando el costo del millar de pies cúbicos de los datos - ya calculados \$1.61 millar de pies³ y el volumen consumido por tronada de 19,608 pies³.

$$\frac{19,608 \times 1.61}{1.4} = 22,55 \text{ mts. de avance.}$$

El costo del consumo de aire comprimido por mt. de avance = \$22,55/mt.

j) RESUMEN DE COSTOS POR METRO DE AVANCE EN FRENTES.

Mano de obra.	
Barrenación	\$ 108.33
Tubería.	4.22
Vía.	<u>4.14</u>
Costo total de mano de obra por metro de avance en frente:	\$ 116.69

COSTO DE MATERIALES.

	Explosivos.	97.14
Barrenación	Acero.	27.90
	Aceite perforadora.	1.71

Manguera y lubricador	2.63
Materiales tubería.	30.42
Materiales vía	136.68
	<hr/>
	\$296.48

Costo total de materiales por metro de avance en frente:	296.48
Costo total de mano de obra :	116.69
Costo total de aire por metro de avance:	22.55
Costo total de accesorios y herramienta:	6.00
Depreciación equipo de perf. y acarreo:	<u>17.78</u>
COSTO POR METRO DE AVANCE:	\$ 459.50

COSTOS INDIRECTOS.

Administración y Supervisión.	Gasto mensual
Ingeniero	\$ 8,000.00
Mayordomo	3,000.00
Contador	3,000.00
Secretaria	1,200.00
Servicio médico	10,000.00
Depreciación vehículo	500.00
Consumo de gasolina	1,500.00
Limpieza y mantenimiento de edif.	1,200.00
Depreciación de edificios	1,000.00
Velador	<u>1,200.00</u>
T o t a l:	\$ 30,600.00

\$ 30,600. X 12 = \$ 367,200.00/año.

\$367,200.00/300 días = \$1,224.00/día

\$ 1,224.00/2.80 mt. = \$ 437.14/metro.

Los costos indirectos por metro de avance \$437.14/mt.

\$ 459.50

\$ 437.14

896.64

El costo total por metro de avance en frente es de: \$896.64

Con este costo se puede calcular el costo que se invirtió en el desarrollo de 4 bloques de mineral de 50 X 15 mts.- de sección y 4 mts. de espesor.

Terminado de considerar el desarrollo horizontal del manto, en el interior de la mina se coló un contrapozo a 45° de 18 mts. de longitud con el fin de determinar si existe otro horizonte mineralizado, ya que la parte inferior del manto fué explorada con un pozo que se coló hace algunos años.

Por las obras de exploración efectuadas se determina que solo se tiene un horizonte mineralizado de 4 mts. formado por una serie de mantos localizados en el mismo nivel.

El costo por metro de avance en el contrapozo es el si siguiente:

DATOS GENERALES.

No. de barrenos.	17 barrenos.
Longitud del barreno.	1.5 mt.
Longitud barrenada.	25.5 mt.
Avance en barrenación.	0.25 m/min.
Tiempo efectivo de barrenación.	101 min.
20% del tiempo de barrenación por soplado de barrenos y fugas.	20.2 min.
Tiempo total de consumo de aire en la barrenación.	121.2 min.
Consumo de aire máquina de perforación Espiga "Toro" 110 pies ³ /min.	121.2 X 110 = 13,332 Pies ³
Tiempo efectivo de cargado	16 X 0.75 = 12.75 min.
Consumo de aire en el cargado.	400 X 12 = 4,800 pies ³
Consumo total de aire comprimido	18,132 pies ³
Tonelaje tumbado en promedio. (1.4 X 1.8 X 1.8 X 2.5)	11.344 ton.

a) COSTO DEL CONSUMO DE AIRE.

Se tiene un consumo de 18,132 pies³ a \$1.61 por millar de pies³

Costo total del aire comprimido $\frac{18,132 \times 1.61}{1.4} = \frac{\$29.19/m}{1.4}$

Costo del aire: \$ 20.85/m. de avance.

b) COSTO DE LA MANO DE OBRA.

El costo será el mismo que se tiene para cuele de frentes: \$108.33/mt.

Ya que la barrenación se efectúa en un turno.

c) COSTO DE EXPLCSIVOS.

16 bombillos de gelamex del 60% a 1.30 C/u.	\$ 20.80
12.8 kg. de fertimon a 2.60 kg.	33.28
32.0 mt. de cañuela a \$0.90 mt.	28.80
16 fulminantes a \$0.36 c/u.	5.76
16 conectores a \$0.36 " .	5.76
16 mt. de thermalite a \$0.90 mt.	<u>14.40</u>
T o t a l:	108.80

Costo de explosivos por metro de avance en contrapozo $\frac{\$108.80}{1.4} = \$ 77.71/\text{mt.}$

d) COSTO DEL CONSUMO DEL ACERO.

Se tomó como dato el de \$1.24/mt. de avance de barrenación obtenido anteriormente.

Costo del acero: $\frac{17 \times 1.24}{1.4} = \$ 15.05/\text{mt.}$

e) COSTO DEL CONSUMO DE ACEITE DE LA PERFORADORA.

Es el mismo costo que se tiene en las frentes = \$1.71 por metro.

f) COSTO DE MANGUERAS Y LUBRICADOR.

Es el mismo que el obtenido en el avance de frente, siendo este de \$2.63/mt.

g) COSTO POR CONCEPTO DE TUBERIA.

Es el mismo obtenido en las frentes.

Mano de obra	\$ 4.22/mt. de avance
Materiales	\$30.42/mt. de avance

h) COSTO POR DEPRECIACION DE EQUIPO.

La máquina "Espiga" atlas Copco Tipo pesado Toro, se de -

preciará en tres años de 300 días de trabajo.

Precio máquina perforadora Atlas Copco "Toro"	\$ 12,000.00
Se consumió un 50% del costo de la máquina para refacciones y reparaciones.....	6,000.00
1 carro minero con capacidad de 3/4 de ton...	5,200.00
Total:	\$ 23,200.00

$$\frac{\$23,200.00}{900 \times 1.4} = \$18.41$$

Costo total por depreciación en contrapozo = \$ 18.41/mt.

1) COSTO POR ACARREO DEL MATERIAL.

El acarreo del material que proviene del - contrapozo se efectúa con un carro minero de mano de 3/4- de tonelada.

El tonelaje por acarrear es de 11.344 ton. y se efectúa - con dos rezagadores que hacen en forma alternada la carga y el acarreo del material.

Considerando que un rezagador carga con pala 40 Kg. en un minuto, el carro será cargado en $\frac{740}{40} = 19$ min.

40

La distancia que recorre el carro minero para llegar a la tolva de descarga es de 45 mts. y el tiempo de recorrido, incluyendo la descarga se hace en 10 minutos.

En 29 minutos se rezagan 750 kgs. por lo que en un turno- se rezagan 12 toneladas de material.

Mano de obra.

Categoría	Sueldo	7o. día.	Alcance.
Rezagador	\$35.00	\$ 5.83	\$ 40.83
Rezagador	35.00	5.83	40.83
			<u>\$ 81.66</u>

$$\frac{81.66}{1.4} = \$58.32$$

Costo del acarreo por mano de obra = \$ 58.32/mt.

COSTO DE LAS TRANCAS.

26 Rollizos de encino de 4" X 4" X 6' a \$10.00 Cu.....	\$ 260.00
4 tablonces para el piso de la parada de 2" X 12" X 8' -64 pies-mu a \$2.30 pie.	137.20
	<u>137.20</u>
	\$ 397.20

397.20/18 = 22.06/mt.

Costo total de consumo de madera = \$22.06/mt.

Costo total de materiales.

Madera....	22.06/m
Cable de enequen de 1"	7.06/m
Madera y cable total:	<u>\$ 29.12/m</u>

RESUMEN DE COSTOS POR METRO DE AVANCE EN CONTRAPOZOS.

Costo de mano de obra.

Barrenación	\$ 108.33
Tubería	4.22
Madera	<u>27.43</u>
	\$ 139.98

Costo de mano de obra en contrapozo por me -
tro de avance = \$ 139.98

Costo de materiales.

Explosivos	\$ 77.71
Acero de barrenación	15.05
Aceite de perforadora	1.71
Mangueras y Lubricador	2.63
Tubería	30.42
Madera y cable	29.12
Costo total de materiales en contrapozo =	<u>\$ 156.64/m</u>

Costo de fuerza	\$ 20.85
" por accesorios y herramientas	6.00
" por depreciación de equipo.....	18.41
" total de materiales	156.64
" total de mano de obra	<u>139.98</u>
	\$ 341.88

Costo por metro de avance en contrapozo..	341.88
más el costo por administración y supervisión que es el mismo obtenido para las frentes.....	<u>437.14</u>
	\$ 779.02

Costo total por metro de avance en contra pozo.	<u>779.00</u>
---	---------------

Costo total de las obras de desarrollo y exploración:

Se desarrollaron 4 bloques de 50 X 15 mts. de sección por -
4 mts. de espesor, con el siguiente costo:

200 mts. de frente a \$ 896.64/mt.....	\$ 179,328.00
45 " de crucero a \$896.64/mt.....	40,348.60
18 " de contrapozo a \$779.02/mt.....	<u>13,923.36</u>
T o t a l:	\$ 233,599.96

El tonelaje cubicado es de 200 X 15 X 4 X 2.5 = 30,000 ton.

\$ 233.599.96/30,000 ton. = \$ 7.79/ton.

El costo del desarrollo y exploración del manto = \$7.79/ton.

CONCLUSIONES.

I.-Con las obras de desarrollo y exploración efectuadas se concluye que se tienen cubicadas dentro de las reservas positivas 30,000 toneladas de mineral con una ley promedio de 2.5% cobre.

II.Por las manifestaciones de mineral y las múltiples catas que se encuentran en una longitud de 25 km. dentro del Cañón del Jabalí se consideran como reservas probables --- 625,000 toneladas de mineral de cobre con la misma ley de

2.5%, ya que la estructura mineralizada se encuentra bien - definida con poca variación en su distribución de valores.

III.- El valor bruto del mineral en bocamina es de \$321.75/ tonelada por lo que creemos que explotándolo y beneficiándolo en el lugar podemos llegar a alcanzar algunas utilidades, ya que se han efectuado pruebas metalúrgicas con resultados favorables.

IV.- Con las 30,000 toneladas de mineral que se tienen como reservas positivas, se rescata parte de la inversión que se hizo para la instalación de la planta piloto, lo que será un aliciente favorable para la explotación y desarrollo de todos los yacimientos que están a lo largo del Cañón del Jabalf.

V.- Debido a la estabilidad actual del precio del cobre - podemos esperar que los resultados que se obtengan de esta explotación y beneficio prevalezcan por algunos años, para rescatar la inversión en este negocio minero.

VI.- Como estamos trabajando con escasos recursos se pretende obtener algo del capital de operación con el mineral que se produce durante el desarrollo de las reservas cubicadas.

C A P I T U L O I I I

ESTUDIO DEL METODO DE EXPLOTACION MAS APROPIADO, PARA LA - EXPLOTACION DEL MANTO, INCLUYENDO EL CALCULO DE LOS COSTOS UNITARIOS.

Al aplicar un método de Explotación racional y Económico es importante tomar en cuenta los siguientes puntos de vista - del inversionista:

- 1.- Explotación rápida y efectiva.
- 2.- Máxima seguridad para el trabajador, durante la explotación.
- 3.- Máxima recuperación del mineral.
- 4.- Máximas utilidades en el menor tiempo posible.

Para obtener los puntos de vista descritos se necesita planear la operación, por lo que se mencionan los siguientes - datos generales:

- 1.- Ubicar excavaciones preliminares en forma ventajosa.
- 2.- Ubicar excavaciones permanentes en roca consistente.
- 3.- Escoger el método de explotación que nos permita aprovechar las máximas condiciones estructurales del terreno.
- 4.- Conservar abiertas las excavaciones a un costo mínimo.
- 5.- Evitar cortar acuíferos.
- 6.- Planear en conjunto el sistema de explotación.

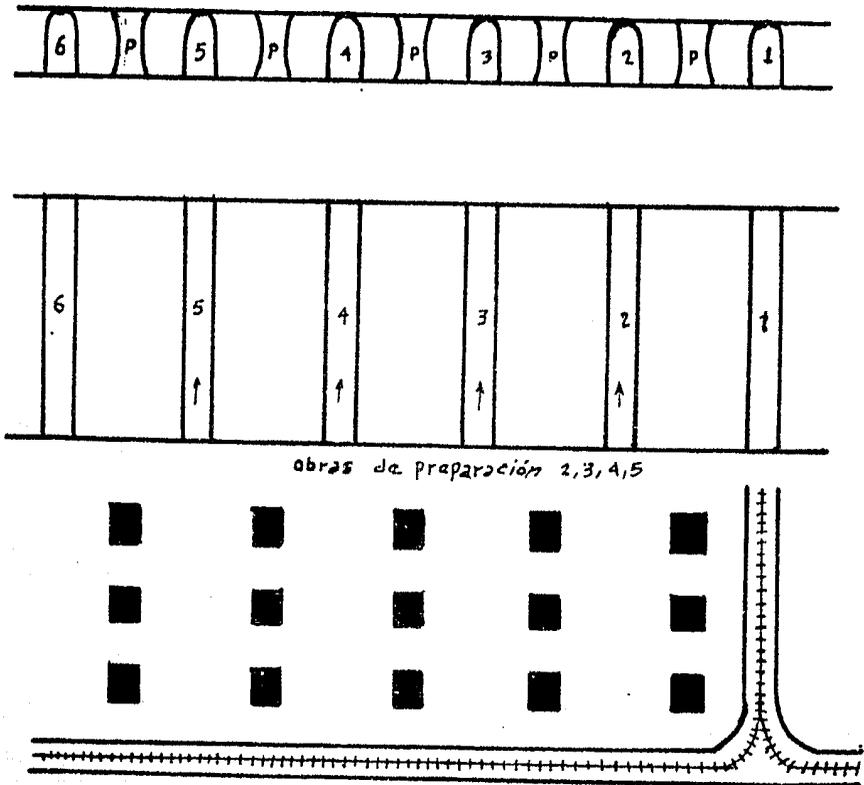
Los factores que nos conducen a elegir el método de explotación adecuado son:

- a) Tamaño y forma del cuerpo mineralizado.- El cuerpo mineralizado es un manto que tiene 200 mts. de longitud por 15 mts. de ancho por 4 mts. de espesor.
- b) Espesor y resistencia mecánica del encape.- El espesor -

- del encape, empieza con 2 ó 3 mts. para terminar con 25 mts. de espesor al finalizar el ancho del manto, la resistencia mecánica del encape se considera buena por -- tratarse de una caliza altamente silicificada.
- c) Posición del cuerpo mineralizado (rumbo y echado).-- El manto corre con un rumbo de oriente-poniente y su busamiento es hacia el Sur con un echado de 17° .
 - d) Resistencia mecánica y características físicas del manto.-- El manto mineralizado puede considerarse como consistente por tratarse de una arenisca mineralizada.
 - e) Resistencia mecánica y características físicas de los respaldos.-- La resistencia mecánica del techo y piso es buena, por estar formados por una caliza altamente silicificada con pocas fracturas.
 - f) Distribución de valores y leyes.-- La distribución de -- los valores se encuentran uniformemente diseminados en la arenisca ya que es el cementante de la misma y por -- consiguiente las leyes son constantes, presentandose -- muy poca variación.
 - g) Factor económico reducido.-- El factor económico es muy importante en la explotación, para nuestro caso se tiene pequeña inversión.

Por los factores descritos se llega a la conclusión que en la explotación del manto por el método de "SALONES Y PILARES" es el adecuado.

La recuperación del mineral es del 90% aproximadamente y -- los salones son de 8 mts. de ancho por 15 mts. de largo -- con pilares de 2 mts. de espesor entre cada salón, como se aprecia en la fig. E,.



Sección Horizontal
Explotación por Salones y Pilares.

Fig. E.

Las ventajas en la explotación por "SALONES Y PILARES" son:

- a)- Explotación rápida y sencilla.
- b)- No se requiere madera.
- c)- Método bastante seguro
- d)- Se tiene buena ventilación.
- e)- Se puede seleccionar el mineral.
- f)- El costo de la explotación es barato.

Desventajas:

- a)- Se recupera el 90% del mineral ó menos.
- b)- El rezagado del mineral que se hace con escropa se tiene que auxiliar con paleo para separar la carga del rebaje.

Después de desarrollado el manto se formaron 4 bloques de mineral con dimensiones de 48 X 15 X 4 mts., listos para -- iniciar su preparación por medio de cruceros con sección de 2 mts. de ancho por 4 mts. de alto, llevandose el cuele escalonado con bancos de 2 mts. de alto Fig. E₂.

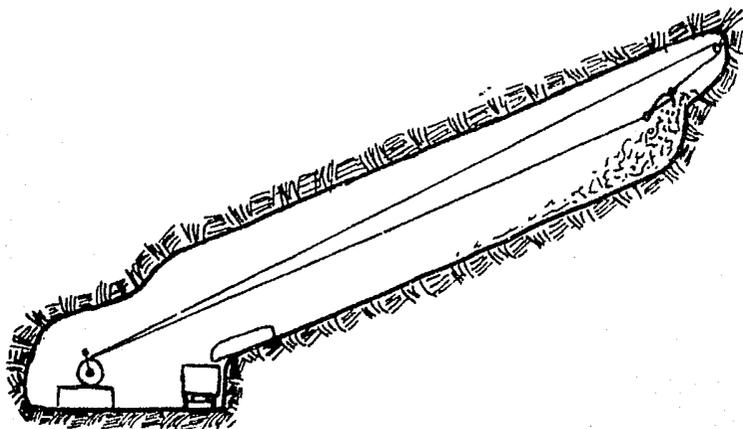


Fig. E₂

Las obras de preparación necesarias para cada bloque cubicado son 4 cruceros de las dimensiones descritas, y el tiempo empleado en su preparación fué de 55 días. El costo por mt. de avance en obras de preparación es el mismo obtenido para las frentes, multiplicado por dos ya que el cuele se hizo - con 4 mts. de alto.

$$\$ 896.64 \times 2 = \$ 1,793.28/\text{mt.}$$

Costo por concepto de obras de preparación= \$1,793.28/mt. - de avance.

Efectuada la preparación del primer bloque se procedió a iniciar la explotación del mismo por el método de "SALONES Y PILARES", con un arranque promedio de 66 ton/día con dos rebajes de 2 X 3 X 2.20 mts. Dentro del rebaje se hace una selección del mineral eliminando parte del tepetate que se encuentra en forma de cintas de pedernal, quedando un promedio de 60 ton. de mineral que es rezagado con escrepa.

Organización de eventos:

- 1).- En el primer turno se barrena.
- 2).- En el segundo turno se rezaga, preselecciona y acarrea el mineral a la tolva.

Primer turno:

- a) La barrenación se efectúa con dos máquinas perforadoras.
- b) El promedio de barrenaciones es de 30 barrenos en el rebaje del banco superior y de 24 barrenos en el rebaje -- del banco inferior Fig. E₃.
- c) La longitud de los barrenos es de 2.40 mts.
- d) La velocidad de barrenación es de 0.25 m/min.
- e) Cada barreno se carga con un bombillo de Dinamita Gelmex del 60% con su respectivo capsul, 3 mts. de cañuela y 1.400 kgs. de Fertimon D.
- f) Se dispara la barrenación.
- g) Se tiene un avance efectivo por disparada de 2.20 mts.

Segundo Turno:

- a) El mineral se rezaga con escrepa, hacia una canal de madera que permite que el mineral caiga dentro del carro -- minero, como lo muestra la figura E₂.

- b) El acarreo del mineral se efectúa por medio de carros - mineros empujados manualmente.
- c) La selección del mineral se efectúa al mismo tiempo que el mineral se rezaga.
- d) El amacise de la labor la efectúa la persona destinada como ayudante del Winchero.

Los costos obtenidos en la explotación del manto son los siguientes:

Costo por concepto del consumo de aire comprimido.- El costo que se tiene por concepto de aire comprimido es el mismo obtenido para las frentes y es de \$ 1.61/millar de pies³ producido.

COSTO DEL TUMBE DEL MINERAL EN LA EXPLOTACION:

MANO DE OBRA:

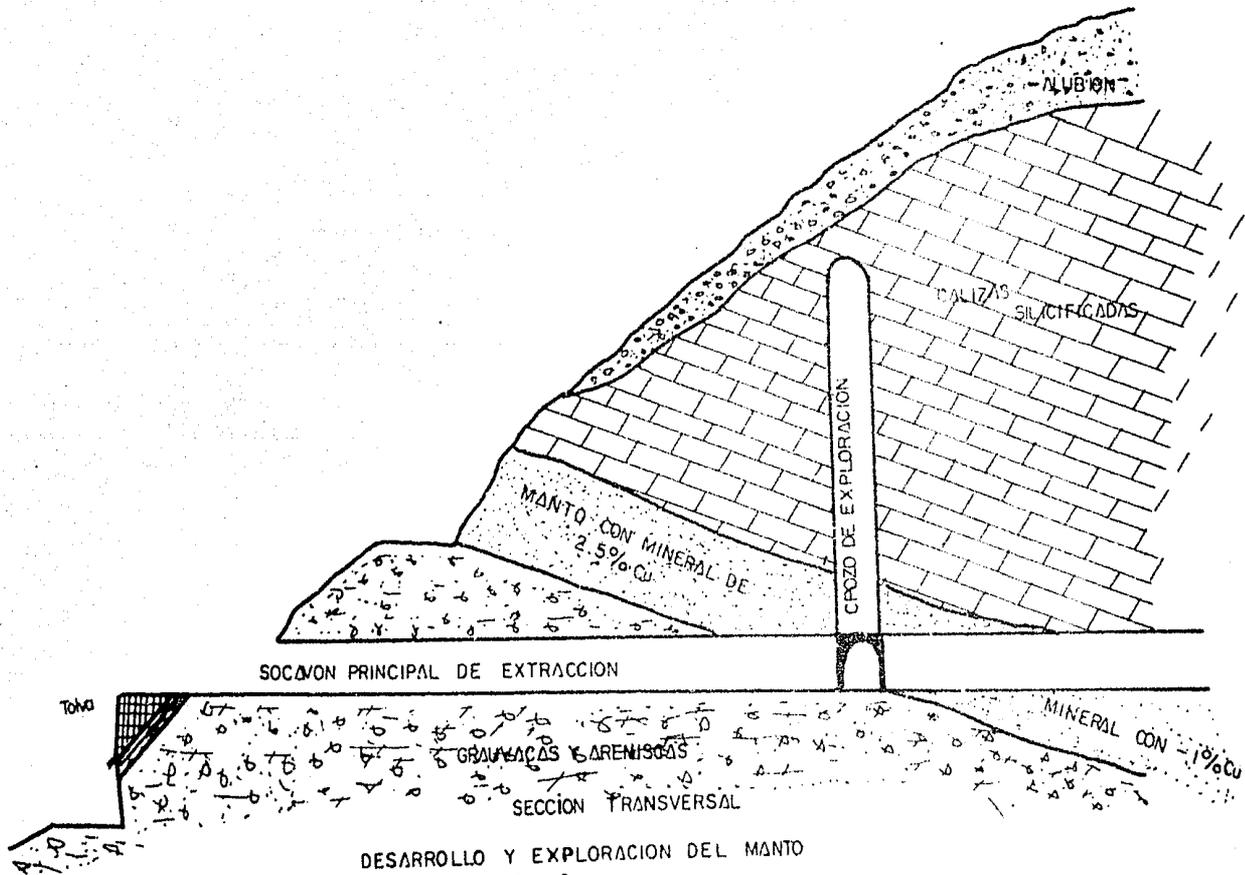
El tumbado del mineral se efectúa mediante dos máquinas perforadoras, que trabajan en dos rebajes diferentes, empleando cada una para su operación:

	SUELDO	1/6	SUELDO/DIA
1 perforista.....	\$ 40.00	\$ 6.66	\$ 46.66
1 ayudante perforista.	35.00	5.85	40.85
			<hr/>
			\$ 87.51

$$87.51 \times 2 = \$ 175.02$$

$$\text{Salario.....} \quad \$ 175.02$$

Aparte del salario de los perforistas se les dá un bono de \$ 15.00 por metro cúbico de mineral tumbado.



DESARROLLO Y EXPLORACION DEL MANTO
 FIG. 2

Perforista.....	\$ 10.00/m ³
Ayudante.....	5.00/m ³
	<hr/>
	\$ 15.00/m ³

El mes se considero de 25 días laborables por considerarse el año de 300 días laborables.

$$300/12 = 25 \text{ días.}$$

$$\text{Bono} = 25 \times 15 = \$ 375.00$$

$$\text{Alcance total} = 175.02 + 375.00 = \$ 550.02$$

$$\$ 550.02/60 \text{ ton.} = \text{Costo por ton. de mineral tumbada.}$$

$$\text{Mano de obra en tumba por ton. de mineral} = \$ 9.17/\text{ton.}$$

COSTO POR CONCEPTO DE EQUIPO.

El equipo de perforación y acarreo será depreciado en 3 -- años de 300 días de trabajo.

3 perforadoras Atlas Copco - Tigre.....	\$ 24,000.00
50% por concepto de refacciones y reparaciones.....	12,000.00
	<hr/>
T o t a l :	\$ 36,000.00
3 carros mineros.....	\$ 15,000.00
25% por concepto de refacciones y reparaciones.....	3,750.00
	<hr/>
	18,750.00

Costo total del equipo: \$ 54,750.00

Depreciación por día = $\$54,750/900 =$	\$ 60.83
Costo por ton. mineral = $60.83/60 =$	<u>1.01</u>
Costo por concepto de mangueras y lubricador	
15 mts. de manguera para alta presión 1" para aire. =	\$652.10
15 mts. de manguera para alta presión de 1/2" para agua =	254.00
1 lubricador .	<u>200.00</u>
T o t a l:	\$ 1,106.10

Como trabajan dos paradas = \$2,212.20

Se estima que la duración aproximada será de 6 meses o sea 150 días por lo que tendremos:

$$\$2,212.20/150 = 14.74/\text{día.}$$

Costo por ton. de mineral por concepto de mangueras y lubricador: = \$0.23

Costo por concepto del acero de perforación.

En un turno se dan 48 barrenos con dos máquina de perforación con barrena de 5/8" X 8', el costo de una barrena de 8' es de \$320.00, admitiendo un promedio de 7 afiladas con un costo de \$1.50 por cada afilada, la barrenación total - que se obtiene con una barrena es de 220 mts. barrenados:

Acero..	\$320.00 -
Afilado	<u>10.50 -</u>
Total:	\$330.50

$$\text{Costo del acero por metro} = \frac{330.50}{220.00} = \$1.50$$

$$48 \times 2.40 \times 1.50 = \$ 172.80$$

$$172.80/60 = \$ 2.88/\text{ton.}$$

Costo del acero de perforación por ton.producida = \$2.88

Costo por concepto de aceite de perforación.

Se consume un promedio de 4 litros de aceite por turno, a razón de \$2.40 el litro.

$$4 \times 2.40 = \$ 9.60$$

Costo de aceite por ton. de mineral = $\$9.60/60 \text{ ton.} = \underline{\$0.16}$

COSTO DEL CONSUMO DE EXPLOSIVOS:

Trabajando dos máquinas en un turno se dan 48 barrenos con una profundidad de 2.40 mts. y se utilizan:

48 bombillos de dinamita Galamex del 60% a \$1.30 C/u.-	\$ 62.40
62.4 Kg. de Fertimon D a \$2.50 kg.	162.24
144.0 mts. de canuela a \$0.90 mt.	129.60
48 fulminantes a \$0.36 C/u.	17.28
48 conectores a \$0.36 C/u.	17.28
48 mts. de termalita a \$0.90 mto.	<u>43.20</u>
T o t a l:	\$ 432.00

$$\$432.00/60 \text{ ton.} = \$7.20$$

Costo de explosivos por tonelada = \$ 7.20

COSTO DE CONSUMO DE AIRE COMPRIMIDO:

Para producir las 60 ton. se emplean 48 barrenos con una longitud de 2.40, velocidad de perforación = 0.25 m/min. — en promedio un barreno se hace en 9.6 minutos.

$$48 \times 9.6 = 460.8 \text{ minutos}$$

Consumo de aire comprimido en perforación = $460.8 \times 90 \text{ pies/} \frac{\text{minuto}}{\text{minuto}}$

Consumo de aire = 41472 ft^3 en perforación.

El cargado de mexamon consume un promedio de $40 \text{ pies}^3/\text{minuto}$.

El cargado de un barreno con Fertimon se efectúa en $1/\text{minuto}$.

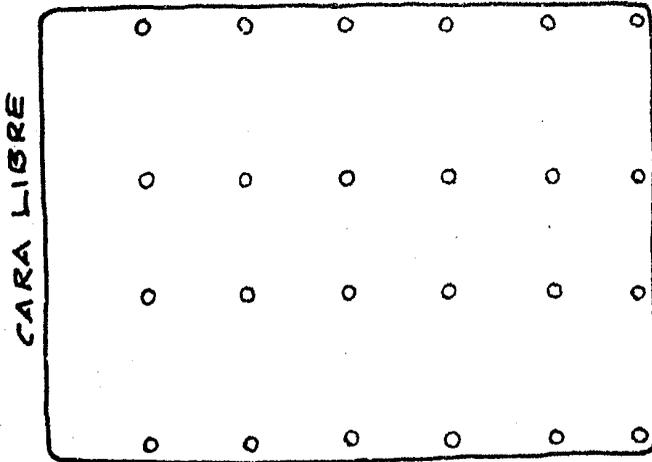
$$48 \text{ barrenos} \times 1 = 48 \text{ minutos}$$

$$48 \times 40 = 1920 \text{ pies}^3.$$

Consumo de aire en el cargado del barreno =	1,920 pies ³
consumo del aire comprimido en barrenación- y cargado de los barrenos =	43,392 "
más el 10% por concepto de soplado =	<u>392 "</u>
	47,731 "

Costo del millar de pies ³ =	\$ 1.61
Costo del aire comprimido =	76.85/turno.
Costo del aire comprimido por tonelada.	1.03/ton.

PLANILLA DE BARRENACION EN EL REBAJE.



REZAGADO Y ACARREO DEL MINERAL EN LA EXPLOTACION.

El rezagado del mineral en la labor se efectúa por medio de Escrepas con capacidad de 100 Kg. accionadas por Winche de 5 H.P. con un consumo de aire de 90 Ft³/min. ver fig.E 5.

El mineral rezagado con la escrepa es depositado directamente al carro minero que tiene capacidad de 3/4 de tonelada.

El tiempo de cargado del carro minero es:

La escrepa tarda aproximadamente 20 segundos, por cada viaje, con un arrastre de 100 kg.

Capacidad del carro	750 kg.
No. de viajes de la escrepa.	8

Tiempo total de cargado del carro: 2 minutos 40 segundos.-

El rezagado y acarreo del mineral se efectúa en el segundo turno, con 3 carros mineros, empujados manualmente por tres carreros.

En la práctica se tiene un promedio de 5 minutos para acomodar, preparar y cargar un carro y 12 minutos que tarda en ir y descargar en la tolva y regresar, resultándonos un promedio de 1 viaje cada 17 minutos con cada uno de los tres carros mineros.

En 8 horas efectúan 28 viajes cada carro minero.

Por lo general la mina produce un promedio de 60 toneladas por día las que son rezagadas y acarreadas en un tiempo de 8 horas.

28 viajes X 3 carros X 750 kg. = 63. ton.
capacidad de acarreo 63 ton. en 8 horas.

COSTO EN EL REZAGADO Y ACARREC DEL MINERAL:

<u>Mano de obra:</u>	Sueldo	1/6	Sueldo/día.
1 operador del Winche	\$35.00	\$ 5.85	\$ 40.85

	Sueldo	1/6	Sueldo/día.
1 ayudante de operador - del Winche (encargado de cambiar -- cables y poleas)	\$ 30.00	\$ 5.00	\$ 35.00 -
3 carreros a \$37.50 c/u.	37.50	6.25	<u>131.25</u>
			\$ 207.10

La producción es de 60 ton./día.
mano de obra 3.45/tonelada.

Costo del aire que se consume en rezagar:

El rezagado se efectúa mediante una escrepa accionada por -
un Winche de 5 H.P. que consume un promedio de 90 ft³ por -
minuto de aire comprimido.

Se emplea un tiempo efectivo de 5 horas 36 minutos en reza-
gar y cargar los carros mineros, por lo que el consumo de -
de aire será de:

$$\begin{aligned}
 336 \text{ min.} \times 90 &= 30240 \text{ pies}^3 \text{ por turno.} \\
 \text{costo del millar de pies}^3 &= \$1.61 \\
 30.240 \times 1.61 &= \$48.68
 \end{aligned}$$

Costo del consumo de aire por turno = \$ 48.68

Se obtienen 60 ton. de mineral/día.

Costo del aire en la rezagada por ton. = \$ 0.61

COSTO DEL EQUIPO UTILIZADO PARA REZAGAR.

El equipo utilizado para rezagar es el siguiente:

- 1 escrepa con capacidad de 100 kg.
- 1 cable 3/8" con longitud de 45 mt.
- 1 juego de poleas de 3"

El costo total del equipo es de \$20,000.00 y se considera -

un 20% del costo por concepto de refacciones y reparaciones,
\$4,000.00, haciendo un total de \$24,000.00

El equipo será depreciado en 5 años = 1500 días.

Depreciación por día = \$ 16.00
depreciación por ton. = 0.27

COSTO POR CONCEPTO DE ENSERES:

2 carretillas	\$ 450.00	C/u.	\$ 900.00
4 palas	25.00	"	100.00
2 picos	30.00	"	60.00
2 barras	35.00	"	70.00
8 cuñas	10.00	"	80.00
2 maneros	27.00	"	54.00
2 dobles	36.00	"	72.00
			<u>\$ 1,336.00</u>
T o t a l:			

Se considera que los enseres tienen una duración de 1 año =
300 días \$ 1336.00/300 = 4.45/día.

Costo por tonelada = $4.45/60 = \underline{\underline{\$0.074}}$

COSTO TOTAL EN EL REZAGADO Y ACARREO.

Mano de obra.....	\$ 3.45
Aire comprimido	0.61
equipo	0.27
enseres	0.07
	<u>\$ 4.40</u>
T o t a l :	

Costo total por rezagado y acarreo: = \$4.40/tonelada.

RESUMEN DEL COSTO POR TONELADA DE MINERAL EN LA EXPLOTACION
POR SALONES Y PILARES.

Mano de obra.....	\$	8.92
depreciación equipo de perf. y acarreo..		1.01
mangueras y lubricador		0.23
acero de perforación		2.57
aceite y lubricantes		0.16
explosivos		5.61
fuerza		1.03
rezagado y acarreo		4.40
		<hr/>
Sub-total:	\$	23.93

Imprevistos: Se considera el 20% del sub-total por no haber tomado en cuenta un factor de seguridad de el tumbe.

imprevistos =	\$ 4.80	\$	23.93
costos directos por			<u>4.80</u>
tonelada.			28.73

Costos indirectos.

Los costos indirectos son los mismos obtenidos en el desarrollo \$1,224.00/día.

\$ 1,224.00/60 ton. =	\$ 20.40/ton.
Costos indirectos =	\$ 20.40/ton.
costos directos =	<u>28.73/ton.</u>
T o t a l: =	\$ 49.13 "

El costo por tonelada de mineral, la explotación por "SALONES Y PILARES" es de \$ 49.13

CAPITULO IV

TRATAMIENTO METALURGICO PARA

MINERALES CUPROSOS OXIDADOS.

HIDROMETALURGICA DEL COBRE.

HISTORIA.

La lixiviación de los minerales de cobre se inició por primera vez en el siglo VIII, en el que se descubrió que el cobre era atacado fácilmente por los líquidos ácidos, y a fines del siglo XV Basilio Valentín menciona que el primer cobre de cementación producido fué en Hungría en el año de - 1497. Por ésta época y con los nuevos descubrimientos, los alquimistas empezaron a pensar en la trasmutación del Hierro en Cobre, y mencionaban esto como una prueba de la trasmutación de los metales, y pensaban que era posible la obtención de la piedra filosofal con la cuál pretendían transformar el plomo en oro.

Los procesos hidrometalúrgicos fueron empleados en América por los conquistadores españoles, los que idearon y desarrollaron métodos muy ingeniosos para recuperar los valores.

DEFINICION.

Se conoce con el nombre de tratamiento metalúrgico ó lixiviación todo proceso en el que el metal ó metales beneficiables se recuperan extrayéndolos con un solvente adecuado -- que no ataque a la ganga ó material residual. El solvente - utilizado en minerales cuprosos oxidados es el ácido sulfúrico.

A continuación se mencionan las ventajas y desventajas en - la lixiviación:

VENTAJAS DE LA LIXIVIACION:

- 1.- El cobre puede obtenerse directamente en forma muy pura por electro depositación.
- 2.- La ganga silicosa permanece inafectada por los solventes, mientras que en los procesos de fusión debeescorificarse anadiendo fundentes.

- 3.- Los procesos Hidrometalúrgicos se realizan a temperatura ambiente mientras que para el pirometalúrgico hay que gastar en combustible para generar el calor necesario.
- 4.- La manipulación de los productos en la Hidrometalurgia se efectúa con bombas y bandas transportadoras.
- 5.- El grado de recuperación de los valores es alto.
- 6.- El proceso permite beneficiar minerales oxidados.
- 7.- La precipitación con chatarra de fierro es rápida, barata y efectiva, no se obtiene el metal de cobre puro.

DESVENTAJAS DE LA LIXIVIACIÓN:

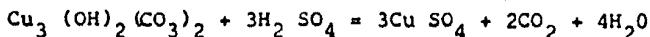
- 1.- Efecto perjudicial de muy pequeñas impurezas en la electro depositación, hay que eliminar impurezas.
- 2.- Las menas sulfurosas no pueden tratarse por este método.
- 3.- Se emplean solventes ácidos difíciles de contener y manejar.
- 4.- El proceso es incosteable para beneficiar minerales que tengan carbonato de calcio y fierro.

El proceso de Lixiviación es aplicado eficientemente en los minerales cuprosos que se encuentran en forma de óxidos, carbonatos, sulfatos y silicatos, siempre y cuando la partícula de cobre se encuentre liberada ó cuando menos tenga una cara libre para que tenga contacto directo el mineral cuproso con el solvente. El mineral debe estar exento ó casi exento de carbonatos de calcio, magnecio y fierro en forma de óxido, ya que estos consumen ácido sulfúrico en la misma proporción que el cobre.

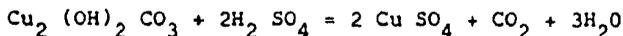
En la presente tesis se hacen ver las ventajas que se tienen al efectuar la lixiviación por agitación.

La lixiviación de los minerales se efectúa de acuerdo con las siguientes Reacciones Químicas:

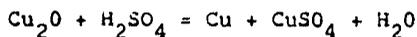
Azurita $\text{Cu}_3 (\text{OH})_2 (\text{CO}_3)_2$



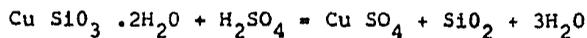
Malaquita $\text{Cu}_2 (\text{OH})_2 \text{CO}_3$



Cuprita Cu_2O



Crisocola $\text{Cu SiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



Tomando como base lo anterior a continuación se menciona - el proceso de la lixiviación efectuada a base de pilas ó - planillas, para entrar en antecedentes:

Usualmente el pequeño minero que se ha dedicado a lixiviar minerales cuprosos emplea pilas const~~ru~~uidas con cemento - armado ó bién pilas de mampostería revestidas con cemento - con dimensiones que varían de 3 m. X 3 m. X 1 m. a 4 m. X 5 m. X 1 m. y entre más grande es la Sección de la pila, - la lixiviación se efectúa más desuniforme, por lo que las - recuperaciones serán más bajas, esto se debe a que se forman corrientes dentro de las pilas (cuando existe circulación de la solución), quedando en el interior de las mismas lunares de mineral sin lixiviar. A continuación se mencionan las diferentes formas de efectuar la lixiviación en pilas:

LIXIVIACION EN PILAS.

1.- Cuando la lixiviación del mineral se pretende efectuar sin circulación de solución, se forma en la parte superior

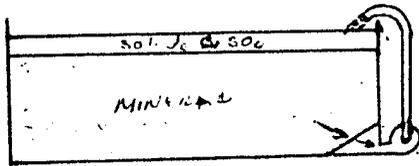


Fig. 2

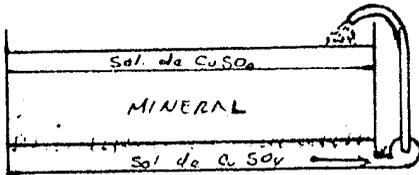


Fig. 3

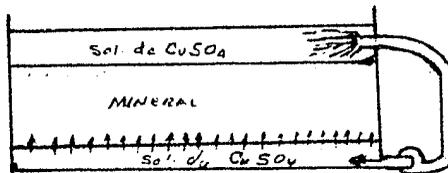


Fig. 4

Habiendo mencionado como se efectúa la lixiviación a base de pilas, se describe a continuación el proceso de lixiviación por agitación.

LIXIVIACION POR AGITACION.

La lixiviación de un mineral cuproso con poco contenido de cal y fierro se puede efectuar en un recipiente de forma cilíndrica fabricado con concreto armado, recubierto interiormente con madera machihembrada, en su interior se coloca una propela con su respectiva flecha (ambas con recubrimiento de hule), propulsados por medio de un motor eléctrico de 30 H.P., con capacidad de agitación para 5 tons. de mineral.

El recipiente cilíndrico recibe el nombre de tanque lixivador, en donde se pone en contacto directo el mineral con la solución de ácido sulfúrico diluído, procediendo a

del mineral una capa de partículas muy finas que se encuentran en suspensión, que al asentarse impiden el paso de la solución ácida a través del mineral, actuando solo sobre este, la solución que penetró antes de formarse la capa fina, y una vez "desgastada" la solución que penetró, el mineral queda saturado con agua, la que es muy difícil de desalojarla del mineral humedecido, y aunque se le agregue más ácido no se recuperan los valores, en la práctica se ha demostrado tener recuperaciones del 30 al 40% aún con un tiempo de lixiviación de 72 horas.

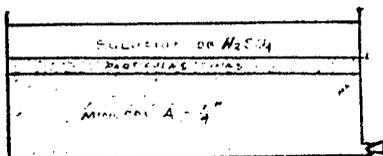


Fig. 1

2.- Cuando la lixiviación se pretende efectuar con el mineral en reposo pero con circulación de solución, los resultados que se obtienen son mejores que los del punto anterior, pero aún se tiene el problema de no tener una corriente uniforme, la que se trata de conseguir en parte mediante un falso fondo de madera perforada que es colocado entre el mineral y el fondo de la pila, pero aún así no se logra conseguir una corriente uniforme a través del mineral y -- los resultados son que solo se tiene lixiviación efectiva en las corrientes que se forman, como lo muestran las figuras 2, 3, 4; la recuperación que se tiene en la práctica varía del 40% al 55%, con un tiempo de lixiviación de 24 horas.

efectuarse la agitación, para obtener finalmente una solución rica en sulfato de cobre y un mineral casi estéril -- con poco contenido de cobre.

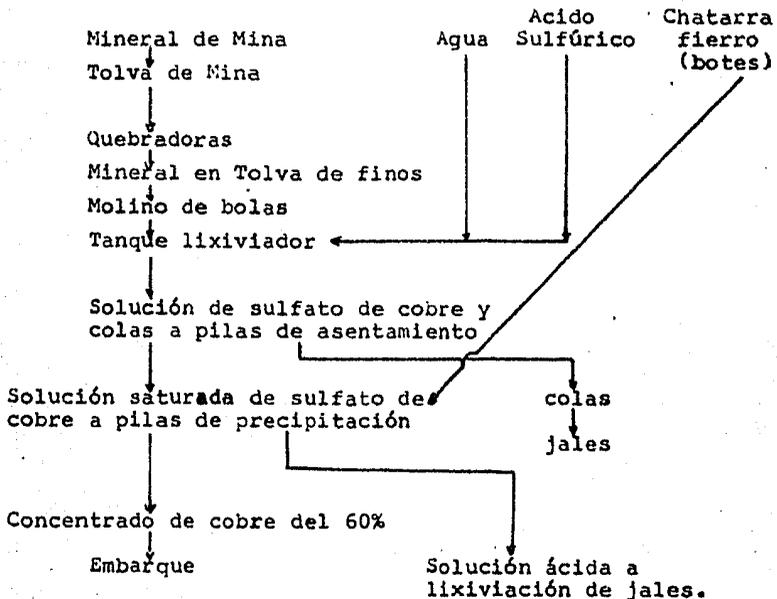
La solución de sulfato de cobre que se obtiene pasa al proceso de precipitación, como se explica posteriormente.

Habiendo mencionado someramente los sistemas más usados para efectuar la lixiviación a pequeña escala, iniciaremos la descripción y estudio de la planta de lixiviación para una capacidad de 50 tons. por día.

La planta de lixiviación consta de 4 secciones:

- I.- Sección de trituración y molienda.
- II.- Sección de lixiviación.
- III.- Sección de precipitación.
- IV.- Sección de secado y limpieza de concentrados y embarques.

ESQUEMA DE TRATAMIENTO



ANALISIS QUIMICO DEL MINERAL

Valores en % base seca

Oxido cúprico	CuO.....	3.12% (Cu = 2.5%)
Oxido de calcio soluble	CaO.....	1.0 %
Oxido de calcio insoluble	CaO.....	1.5 %
Anhidrido carbónico	CO ₂	7.0 %
Agua de cristalización a	600° C.....	8.3 % (H ₂ O)
Silice	SiO ₂	63.0 %
Alumina	Al ₂ O ₃	15.78%
Oxido Férrico	Fe ₂ O ₃	0.3 %

CARACTERISTICAS DE LOS MINERALES IDENTIFICADOS EN LA REGION

NOMBRE	FORMULA	DUREZA	DENSIDAD	SOLUBILIDAD en H ₂ SO ₄ Sol
Calcita	Ca CO ₃	3.0	2.7	Insol
Calcedonia	Si O ₂	7.0	2.6-2.7	Insol
Cuarzo	Si O ₂	7.0	2.6-2.7	Insol
Crisocola	CuSiO ₃ ·2H ₂ O 2-4		2.0-2.2	Sol
Cuprita	Cu ₂ O	3.5-4	5.9-6.2	Sol
Hematita	Fe ₂ O ₃	5.5-6.5	4.9-5.3	Sol
Limonita	2Fe ₂ O ₃ ·3H ₂ O	5.0-5.5	3.6-3.4	Sol
Azurita	Cu ₃ (OH) ₃ CO ₃			
	(CO ₃) ₂	3.5-4	3.77-3.83	Sol
Malaquita	Cu ₂ (OH) ₂ CO ₃			
	CO ₃	3.5-4	3.9-4.03	Sol
Covelita	CuS	1.5-2	4.6	Sol

DESCRIPCION DE LA PLANTA POR SECCIONES.

I. TRITURACION Y MOLIENDA.

El mineral que proviene de la mina es descargado en la tolva de gruesos, y el cálculo de su volúmen se hizo tomando - como base lo siguiente:

En la mina se tumba un promedio de 60 ton de mineral por día, que son almacenadas en la tolva de gruesos para su trituración posterior. La capacidad de la tolva de gruesos es de:

Comprobación de la tolva de gruesos.

Densidad del mineral..... 2.5 ton/m³
 Volúmen por tonelada..... $\frac{1}{2.5} = 0.4 \text{ m}^3$

Se considera que existe un 40% de huecos

$$0.4 + 0.4 \times 0.4 = 0.56 \text{ m}^3/\text{ton}$$

$$\text{Volúmen de la tolva} = 60 \times 0.56 = 33.6/\text{m}^3$$

Como la descarga del mineral se hace en el centro de la tolva, queda un copete de mineral que nos ocupa la parte superior de la tolva, por lo que se tiene que considerar un 20% del volúmen obtenido.

$$\text{Volúmen para complementar el copete} = 0.20 \times 33.6 = 6.72 \text{ m}^3$$

$$\text{Volúmen total de la tolva} = 33.6 + 6.72 = 40.32 \text{ m}^3$$

La forma de la tolva es la que se indica en la fig. No. 5, las dimensiones se escogieron tomando en consideración que el mineral tiene un 30% de huecos y forma copete en la parte superior.

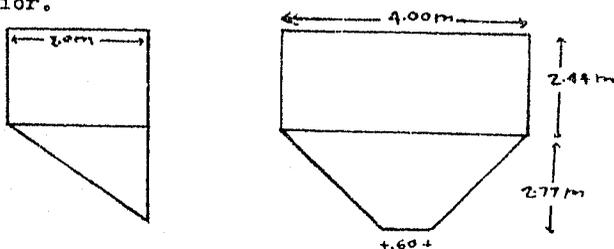


fig. N° 5

Cálculo de las dimensiones de la tolva.

ϕ = Angulo de deslizamiento.

X = ancho de la tolva.

X = alto de la tolva.

Y = X x tang Δ .

X = 2.50 ϕ , = 48°

Y = 2.50 X 1.11 = 2.77

Y = 2.77

$$\text{Tg } \phi_2 = \frac{Y}{X_2} = \frac{2.77}{1.70} = 1.63, \phi_2 = 58^\circ 30'$$

El volúmen requerido para 60 toneladas de mineral es:

60 ton. de mineral con d = 2.5	=	\$ 24.0 M ³
más 30% por concepto de huecos	=	7.2 "
más 10% por concepto de copete	=	2.4 "
Volúmen total:		<u>33.6 M³</u>

$$\text{Volúmen } V_1 = \frac{1}{3} (40 \times 2.5 \times 2.77) = 9.23 \text{ M}^3$$

$$\text{Volúmen } V_2 = 4.0 \times 2.5 \times Y = \frac{24.37}{33.60} \text{ M}^3$$

$$Y = 2.44 \text{ mts.}$$

La boquilla de salida es de .60 mt. cuya descarga vá a una parrilla de rieles inclinada con descarga de menos 2". El análisis de cribas para este mineral nos indica que el producto menos 2" constituye el 20%.

El mineral que sale de la tolva de mina y pasa por una parrilla de rieles con las siguientes características:

- a) La parrilla es construída con rieles de 25 lb/yarda.
- b) la separación entre los rieles es de 2"
- c) la inclinación de la parrilla es de 50°
- d) la superficie de cribada es de: 6 pies cuadrados.

Comprobación.

Por lo general las parrillas criban un promedio de 125 ton. cortas por pie² de superficie con una abertura de 1" en 24 horas de cribado.

$$\frac{125}{1} = \frac{T}{2} \quad T = 250 \text{ ton. cortas/24 horas.}$$

$$T = 62.46 \text{ ton. cortas/6 horas/pie}^2.$$

de la tolva de mina salen 50 ton. diarias en 6 horas.

$$T = 50 \times 1.1 = 55 \text{ ton. cortas/6 horas.}$$

$$\frac{62.46}{1} = \frac{55}{S} \quad S = \text{Superficie de cribado}$$

$$S = \frac{55}{62.46} = 0.88 \text{ ft}^2. = 1 \text{ ft}^2.$$

Y tomando el 100% como factor de seguridad la superficie de cribado es de 2 ft².

Pero como la descarga de la tolva es de 2 ft, las dimensiones de la parrilla serán de 2' ft X 3 ft, que es más que suficiente.

$$\text{Superficie de cribado} = 6 \text{ ft}^2$$

El costo que se tiene para una parrilla de estas dimensiones es de \$1,200.00, incluido la fabricación y los materiales. La depreciación es en 10 años = 3,600 días.

$$\text{depreciación} = \frac{1200}{3600} = \$ 0.33/\text{día.}$$

$$\text{depreciación por ton.} = 0.33/60 = \underline{\underline{\$ 0.005}}$$

QUEBRADORAS.

Se cuenta con:

Una quebradora primaria de quijada de 10" X 8"
una quebradora secundaria de quijada de 8" X 8".

La trituración se efectúa en el primer turno con un tiempo - de 6 horas, con el objeto de que tengamos 2 horas para el -- servicio de engrasado, reparaciones y descansos por fatiga - de los operarios.

El mineral de más 2" constituye el 80% o sea que la quebrado ra deberá triturar 40 toneladas en 6 horas.

$$\frac{40,000 \times 2.2}{2,000} = 44 \text{ toneladas cortas en 6 horas.}$$

$$T = \frac{0.6 A}{R}$$

T = toneladas cortas/hora.

A = area de alimentación (puig²)

R = relación de trituración.

$$A = \frac{T \times R}{0.6} = \frac{7.4 \times 5}{0.6} = 61.6" = 62"$$

La quebradora de 10" X 8" vemos que está muy sobrada, pero - es la más aproximada que se consiguió en el mercado, no afeec tándonos que sea para una capacidad más grande que la calculada.

Características de la Quebradora de Quijada:

- 1.- Trabaja por compresión simple.
- 2.- pocos finos.
- 3.- Economía en operación.
- 4.- relación de trituración 5: 1
- 5.- trabaja intermitentemente.
- 6.- eficiente.

Las Quebradoras de Quijada, primaria y secundaria son movidas por motores eléctricos de 15 H.P. cada una.

El costo del consumo de energía por los motores es de:

1 Kilowat hora = 1.34 H.P. hora

El costo de 1 KW hora incluido el impuesto, cuesta \$ 0.40-

$$\frac{0.40}{1.34} = \text{H.P. hora} = \$0.30$$

$$.30 \text{ H.P.} \times 0.30 \times 6 \text{ horas} = \$54.00$$

El costo de trituración por concepto de energía = $\frac{\$54.00}{6 \text{ hs.}}$

como la planta procesa 50 toneladas/día.

$$\frac{54}{50} = \$1.08/\text{tonelada procesada.}$$

Costo por tonelada por concepto de energía en la trituración = \$1.08

Costo por depreciación del equipo de trituración.

El costo e instalación del equipo de trituración es el siguiente:

1 quebradora de Quijada primaria 10" X 8"	\$30,000.00
1 quebradora de Quijada secundaria 8" X 8" ...	25,000.00
2 motores de 15 H.P... = \$7,500.00 c/u.....	<u>15,000.00</u>
	\$70,000.00

Se considera un 50% del costo del Equipo para-

gastos de instalación y reparación..... 35,000.00

T o t a l : \$ 105,000.00

El equipo de trituración se deprecia en 10 años, considerando que la planta trabaja 360 días/año se tendrán 3,600 días.

$$\frac{105,000}{3,600} = \$ 29.16/\text{día}$$

Como la planta procesa 50 ton/día.

$$\frac{29.16}{50} = \$ 0.58$$

El costo por tonelada de mineral por concepto de depreciación del equipo de trituración = \$0.58

El mineral que ha sido triturado a e/5" es depositado en la tolva de finos por medio de una banda transportadora de 12"

Comprobación de la banda transportadora.

La capacidad de la banda está en función del ancho por la velocidad.

$$T = 3 \text{ WTS}$$

en donde:

T = tonelaje transportador por hora = 9.16 ton cortas/hr.

W = ancho del alimentador en pies = 1 ft.

t = area de carga en pies = 0.07.

S = Velocidad en pies por minuto.

$$9.16 = 3 \times 1 \times 0.07 \times S$$

$$S = \frac{9.16}{.3} = 43.6 \text{ pies por minuto.}$$

$$.3$$

Características de la Banda:

Ancho 12", velocidad 43.6 pies/min., motor 0.5 H.P., longitud 18 pies.

El costo de la banda completa es de \$10,000.00 y se depreciación en 5 años.

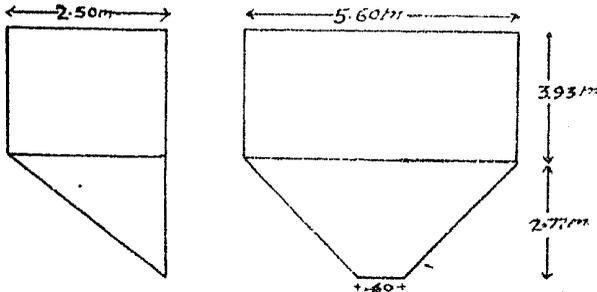
$$360 \times 5 = 1,800 \text{ días.}$$

$$\frac{10,000}{1,800} = \$5.05/\text{día.} \quad \underline{5.05} = 0.10$$

La depreciación de la banda transportadora por ton. = \$0.10

La capacidad de la tolva de finos es de 68 M^3 , ya que en esta se almacena el mineral que es procesado el 7o. día.

Comprobación de la tolva de finos.



ϕ = ángulo de deslizamiento.

X = ancho de la tolva.

Y = alto de la tolva.

$Y = X \tan \phi$

Para un ancho de 2.50 m tenemos:

$$Y = 2.50 \times 1.11 = 2.77$$

Considerando un largo de 5.60 m. que se obtiene graficamente tenemos:

$$\text{Volúmen } V_1 = \frac{1}{3} (5.6 \times 7.5 \times 2.77) = 12.93 \text{ m}^3.$$

$$\text{Volúmen } V_2 = 5.6 \times 2.5 \times 3.93 = 55.07 \text{ m}^3.$$

$$\hline 68.00 \text{ m}^3.$$

Volúmen de la tolva de finos 68.00 M^3 .

La tolva almacena 120 ton. de mineral pero se considera un 40% de las 120 ton. por concepto de huecos y copete.

El costo de la tolva de finos es de \$15,000.00 y la depreciación se hizo a 10 años.

$$\underline{\$15,000.00} = \$4.16/\text{día} \quad \$4.16/50 = \$0.08/\text{ton.}$$

La depreciación de la tolva de finos es de: \$ 0.08/ton.

El mineral de $-2/5"$ que sale de la tolva de finos es transportado por una banda transportadora de 12" con longitud de 12 pies que tiene un costo de \$8,000.00 y se deprecia en 5 años.

$$\$8,000.00/1800 = \$4.44/\text{día.}$$

$$4.44/50 \text{ ton.} = \$0.09/\text{ton.}$$

La depreciación de la banda es de \$0.09/ton.

MOLIENDA:

La molienda es el segundo paso para obtener la liberación de los valores, debido a la capacidad y al tamaño a que se trabaja -35 mallas, se utilizó un molino de bolas corto de $5' \times 5'$ accionado por un motor eléctrico de 50 H.P. a 27 R.P.M.

Comprobación del Molino.

Alimentación $2"/5$

descarga requerida -35 mil

datos del laboratorio metalúrgico.

tiempo de molienda 20 minutos.

dimensiones (d X l) en pulg. 7.5×7

capacidad de la planta 50 ton./día = 1500 ton./mes.

aplicando la ley de Rittinger.

$$\frac{T}{t} = \frac{D^2 \cdot L}{d \cdot l}$$

T = capacidad de la planta = 1500 ton./mes.

t = capacidad del molino de laboratorio = 1 Kg./hora.

D = diámetro del molino de la planta.

L = longitud del molino de la planta.

d = diámetro del molino del laboratorio = 7.5"

l = longitud del molino del laboratorio = 7"

$$T = 50 \text{ ton./día.}$$

$$t = 1 \text{ Kg./hora} = 24 \text{ Kg./día} = 0.024 \text{ ton/día.}$$

$$d = 7.5'' = 0.625'$$

$$l = 7'' = 0.583'$$

Substituyendo los valores en la fórmula tenemos:

$$\frac{50}{0.024} = \frac{D^{2.6} \times L}{(0.625)^{2.6} \times 0.583}$$

como necesitamos un molino corto tenemos $L = D$

$$D^{2.6} \times L = 350$$

$$D^{2.6} \times D = 350$$

$$D^{3.6} = 350$$

$$3.6 \log D = \log 350$$

$$\log D = \frac{1}{3.6} \log 350 = \frac{1}{3.6} \quad 2.544068$$

$$\log D = 0.70668$$

$$D = 5.099 = 5'$$

$$L = 5'$$

El molino indicado es de 5' X 5' (DxL)

El costo e instalación del molino enlainado con todo y su motor es de \$500,000.00 y se deprecia en 10 años.

$$\frac{500,000.00}{3,600} = \$ 138.88/\text{día}$$

$$\$138.88/50 = \$2.77/\text{ton.}$$

La depreciación del molino por ton. de mineral = \$ 2.77

Cálculo de la cantidad de bolas requeridas:

Para conocer el peso de bolas que se necesita se emplea la siguiente fórmula empírica: $W = 80 D^2 L$ en donde:

W = peso de las bolas en libras.

D = diámetro del molino en pies.

L = longitud del molino en pies.

W = $80 \times 25 \times 5 = 10,000$ Lbs.

W = 4,550 Kg.

El consumo de bolas es de 300 gr./ton. de mineral molido y el costo por tonelada de bola puesta en la planta es de — \$3,500.00.

Costo por consumo de bolas por tonelada de mineral molido, = a \$1.05.

COSTO Y CONSUMO DE LAINAS.

El enlainado o forro del molino está formado por planchas de acero al manganeso, que se consumen en un promedio de — 100 gr. por ton. de mineral molido y el costo es de — — — \$10,000.00 tonelada.

El costo de la tonelada de mineral molido por concepto de laines es de \$1.00, pero como nosotros cambiamos de forros cuando el espesor de la laina es menor de 1/4"; el espesor que tiene la laina recién fabricada es de 2" y el consumo de la misma es de 1.3/4" o sea de la tonelada de laines se desgastan 875 Kgs.

875 gr.

10.00

100 "

X X = \$ 1.14

Costo total por consumo de laines por ton. de mineral molido. = \$ 1.14

Comprobación de la velocidad del molino:

Por lo general se recomienda aplicar el 60 al 80% de la — velocidad crítica, que es aquella que lleva a la bola a la parte más alta y de ahí cae.

$$N = \frac{54.18}{Vr}$$

N = revoluciones por minuto.

r = radio del molino en pies.

$$N = \frac{54.18}{V 2.5} = 30.4 \text{ R.P.M.}$$

Velocidad recomendada:

$$30.4 \times (0.6 \text{ a } 0.8) \text{ R.P.M.} = 20.6 \text{ a } 27.4 \text{ R.P.M.}$$

Comprobación de la potencia del Motor del Molino:

$$\text{H.P.} = 0.5418 V$$

H.P. = Caballos de fuerza.

V = Volumen del Molino en pies cúbicos.

$$\text{H.P.} = 0.5418 \times \frac{5^2}{4} \times 5 = 53 \text{ H.P.}$$

La potencia del motor requerido es de 50 H.P.

Costo de la energía que consume el motor del molino

$$1 \text{ KWh} = 1.34 \text{ H.P.h}$$

el costo de 1 KWh incluido el impuesto es de \$0.40

$$0.40/1.34 = \text{H.P.h} = \$0.30$$

$$50 \text{ H.P.} \times 0.30 \times 24 \text{ hrs.} = \$360.00/24 \text{ hrs.}$$

$$\$360.00/50 \text{ ton.} = \$7.20 \text{ ton.}$$

El mineral que se encuentra molido a -35 mallas es transportado por medio de una canal a los tanques lixiviadores, en donde se le adiciona agua, ácido sulfúrico hasta alcanzar un P.H. de 1. La canal alimentadora es de lámina negra del No. 10, con forro interior de Neopreno, El costo es de \$4,000.00 y se depreciará a 10 años.

$$\frac{4,000}{3,600} = \$ 1.11 \quad \frac{1.11}{50} = \$ 0.023/\text{ton.}$$

El costo por concepto de depreciación de la canal alimentadora es de \$0.023/ton. de mineral tratado.

El Acido Sulfúrico es adicionado al mineral en los tanques lixividores por medio de un alimentador.

El alimentador consta de un recipiente de forma cilíndrica al cual se le inyecta aire comprimido para que el ácido sea elevado al tanque lixividor.

El equipo para el manejo del ácido consta de:

dos depósitos de 20,000 lbs. C/A.

un alimentador con capacidad para 240 lbs. de ácido sulfúrico.

El costo del equipo es de:

2 depósitos de 20,000 lbs.....	\$ 44,000.00-
1 alimentador con compresor.....	<u>6,000.00-</u>
T o t a l:	\$ 50,000.00

La depreciación de este equipo se hace a 5 años.

$$\frac{\$50,000.00}{1,800} = \$27.77/\text{día} \quad \$27.77/50 \text{ ton.} = \$0.55/\text{ton.}$$

El costo por concepto de depreciación del equipo para el manejo del ácido es de \$0.55/ton. de mineral tratado.

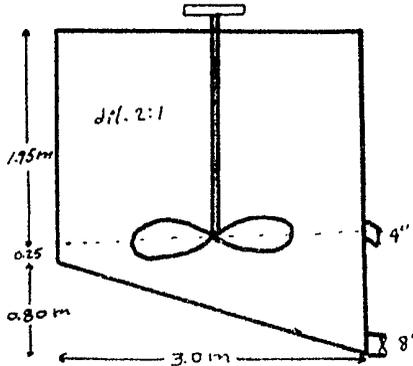
DESCRIPCION DEL TANQUE LIXIVIADOR.

El tanque lixividor es de forma cilíndrica, construido con concreto armado, con las siguientes características:

Capacidad del tanque.....	5 ton.mineral/6 hrs. 32 min.
espesor de las paredes del cilindro.	20 cm.
diámetro interior	3.00 mt.
altura	3.00 mt.
pendiente del piso	15°
la altura del piso a la descarga --- de las soluciones	1.05 mt.

Descarga de arenas en el nivel del piso
altura del piso a la propela

1.05 mt.



El interior del tanque está forrado con madera de pino para protegerlo de las soluciones ácidas.

El tanque lixivador lleva en su interior una propela y una flecha con recubrimiento de hule, con un diámetro de 40 pulgadas y 2.5 pulgadas respectivamente.

La descarga de las soluciones tiene un diámetro de 4 pulgadas.

La descarga de arenas tiene un diámetro de 8 pulgadas.

La polea utilizada para impulsar la propela tiene un diámetro de 24 pulgadas y es accionada por 5 bandas "B".

El motor eléctrico utilizado es de 30 H.P. y 1,200 R.P.M.-

LOS COSTOS DEL EQUIPO DE LIXIVIACION SON LOS SIGUIENTES:

Tanque lixivador	\$ 10,000.00 -
Flecha de 2.5" X 7'	800.00
Propela con 40" de diámetro	1,500.00
Ahulado de la flecha y propela	1,800.00
Polea de 24" de diámetro	1,200.00
5 bandas "B"	480.00
Polea de 4" de diámetro	180.00
Motor de 30 H.P.	15,000.00
Bastidor del motor	500.00
	<hr/>
	\$ 31,460.00

Costo de un tanque lixivador completo:	\$31,460.00
Se consumió un 40% para refacciones y - reparaciones:	<u>12,574.00</u>
T o t a l:	\$44,034.00

Como son 3 tanques lixivadores los uti-
lizados, el costo será de \$ 142,102.00

El equipo se depreciará en 10 años de -
360 días.

$$\frac{142.102}{3,600} = \text{¢ } 39,472/\text{día.}$$

$$\frac{39,472}{50} = \$ 0.79/\text{ton.}$$

La depreciación de los tanques lixivadores por tonelada de mineral = \$ 0.79

La operación de lixiviación se hace en 6 horas 32 minutos - cada tanque, y en el tratamiento de las 50 ton. de mineral - por día se utilizan 3 tanques lixivadores, la descripción - de la operación es la siguiente:

OPERACION:	TIEMPO:
Lixiviación	45 min.
Asentamiento del mineral	30 "
Descarga de la solución de CuSO_4 rica..	10 "
Carga de agua primer lavado	15 "
Lavado del mineral	5 "
Asentamiento del mineral	30 "
Descarga de la solución de CuSO_4 semirica	10 "
Carga de agua segundo lavado	15 "
Lavado del mineral	3 "
Asentamiento del mineral	30 "
Descarga de la solución de CuSO_4 pobre..	10 "
Carga de agua para descargar arenas	15 "
Descarga de arenas	<u>30 "</u>
	248 min.

Tiempo de tratamiento: 4 horas 8 minutos
 Tiempo de carga del mineral: 2 horas 24 "

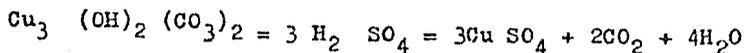
Tiempo de operación: 6 horas 32 minutos

Los tanques lixivadores trabajan en forma intermitente, y la operación dá comienzo al cargar el mineral que sale del molino en el tanque No. 1, y en el tiempo en que se cargan los -- tanques 2 y 3, se efectúa el tratamiento del mineral en el -- tanque No.1. El tiempo empleado en cargar los tres tanques es de 7 horas 12 minutos, el tiempo de operación en cada tanque es de 6 horas 24 minutos, quedando un márgen de tiempo para -- imprevistos de 40 minutos entre cada campaña, entendiéndose -- por campaña el tiempo empleado para tratar 5 ton. de mineral -- en un tanque lixivador.

CONSUMO DE ACIDO.

En la práctica se ha encontrado que se consume 80 Kg. de -- H_2SO_4 por tonelada de mineral de 2.5% Cu, este consumo es un poco alto, pero hay que tomar en cuenta que la cal y el fierro consumen ácido y también se tiene un consumo de ácido al mantener constante un P.H. de 1 y como mínimo se tolera un -- P.H. de 2. A continuación se tienen los consumos teóricos de ácido sulfúrico de acuerdo con la mena que se vá a beneficiar.

Azurita $Cu_3 (CO_3)_2 (OH)_2$



Cu_3 ----- 64 X 3 = 192

H_6 ----- 1 X 6 = 6

O_2 ----- 16 X 2 = 32

S_3 ----- 32 X 3 = 96

H_2 ----- 1 X 2 = 2

O_{12} ----- 16 X 12 = 192

294

C_2 ----- 12 X 2 = 24

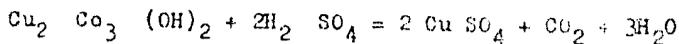
O_6 ----- 16 X 6 = 96

346

346 ----- 294

1 ----- X : X = 0.85 Kg.

1 Kg. de azurita consume 0.85 Kg. de $H_2 SO_4$ al 100%, pero como el ácido comercial que surten las compañías productoras es del 97%, el consumo será de 0.875 Kg. de $H_2 SO_4$ comercial.

Malaquita $Cu_2 (OH)_2 CO_3$ 

Cu ₂ -----	64 X 2 =	128	H ₄ -----	1 X 4 =	4
C -----	12 X 1 =	12	S ₂ -----	32 X 2 =	64
O ₃ -----	16 X 3 =	48	O ₈ -----	16 X 8 =	128
O ₂ -----	16 X 2 =	32			<u>196</u>
H ₂ -----	1 X 2 =	2			
		<u>222</u>			

222 ----- 196

1 ----- X : X = .885 + 3% .885 = 0.91 Kgs.

1 Kg. de malaquita consume 0.91 Kg. de ácido sulfúrico al 97% de concentración.

CRISOCOLA $Cu Si O_3 .2 H_2O$

Cu -----	64 X 1 =	64	H ₂ -----	2 X 1 =	2
Si -----	28 X 1 =	28	S -----	32 X 1 =	32
O ₃ -----	16 X 3 =	48	O ₄ -----	16 X 4 =	64
					<u>98</u>

H₄ ----- 1 X 4 = 4

176 ----- 98

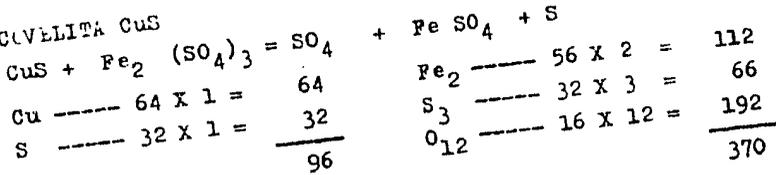
O₂ ----- 16 X 2 = 32

1 ----- 4 : X = 0.55

176

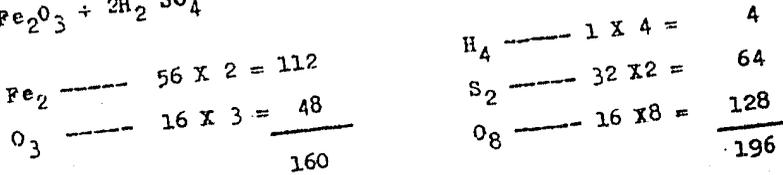
1 Kg. de crisocola consume 0.57 Kg. de $H_2 SO_4$ al 97%.

COVELITA CuS



96 ----- 370
 1 ----- X : X = 3.8

1 Kg. de covelita consume 3.8 Kg. de sulfato de fierro --
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ ----- } 2 \text{Fe SO}_4 + \frac{2\text{H}_2\text{O} + 1}{2} \text{O}_2$



160 ----- 196
 1 ----- X : X = 1.23

1 Kg. de Fe₂ O₃ consume 1.24 kg. de ácido sulfúrico al 97% de concentración.
 Por lo general en la práctica se considera que el mineral y las impurezas consumen ácido sulfúrico en relación de 1 a 1- y el consumo de los 80 Kgs. de ácido es distribuido de la siguiente forma:

Cantidad/ton.	Consumo de H ₂ SO ₄
Cobre ----- 25 Kgs.	----- 25 Kgs.
Carbonato de calcio ----- 10 "	----- 10 "
Fierro ----- 5 "	----- 5 "
	----- 40 Kgs.
	Sub total

La cantidad de $H_2 SO_4$ que se necesita para alcalinizar una acidéz de un P.H. = 1 es 30 Kg.
 La cantidad de ácido que se agrega para imprevistos es de 10 "
 T o t a l : 80 Kg.

El costo del consumo de ácido por ton. de mineral es de: -
 \$300.00 y el costo de 1 Kg. es de \$0.50

$$80 \text{ Kg.} / 0.50 = \$40.00/\text{ton.}$$

El costo del consumo de ácido por ton. de mineral es de -
 \$40.00

En el tanque lixivador se obtienen dos productos, uno en forma de solución de sulfato de Cobre y otro en forma de arenas que son los Jales por su bajo contenido de cobre, - aproximadamente 0.3% Cu.

La solución de sulfato de cobre es depositada en pilas de asentamiento, con el fin de eliminar los lodos y limos que se encuentran en suspensión; los lodos y limos representan un 10% de las 50 tons. de mineral que son tratadas por día.

La capacidad de cada una de las pilas de asentamiento es de 72 m^3 con las siguientes dimensiones:

Largo..... 16 mts.
 Ancho 6 " $V=16 \times 6 \times 1.2 = 115.2$
 Altura 1.20 "



o : descarga de lodos

Se utilizan 2 pilas de asentamiento en serie con las dimensiones descritas, con el fin de eliminar en su totalidad -- los limos, siendo la función de la segunda pila clarificar la solución.

La construcción de las pilas es de concreto armado y el piso de las mismas es inclinado con el fin de facilitar la - descarga de los lodos y limos, que se efectúa una vez a la semana, lo que hace que la operación sea intermitente, por lo que se necesitan dos sistemas de pilas de asentamiento, para que en lo que se descargan los lodos de uno, el otro esté trabajando.

El costo de cada sistema de pilas de asentamiento es de --- \$15,000.00, por lo que los dos sistemas nos costarán \$30,000.00, y se depreciarán en 10 años.

$$\frac{30,000}{3,600} = \$ 8.33/\text{día} \quad \frac{8.33}{50} = \$ 0.166/\text{ton.}$$

El costo por concepto de depreciación de las pilas de asentamiento es de \$ 0.166/ton. de mineral tratada.

PRECIPITACION.

Teniendo en cuenta que el cobre se encuentra disuelto en - forma de Sulfato de Cobre, se puede precipitar recurriendo a uno de los siguientes métodos:

- 1.- Electrólisis (electrodeposición)
- 2.- Chatarra de fierro en granalla ó en greña.

La precipitación por electrólisis se lleva a cabo de un modo muy semejante al de la refinación del cobre, si se exceptua el hecho de que se tienen que emplear ánodos insolubles y una disposición distinta de los electrodos en la electrolítica. Aunque se han empleado ánodos de plomo, magnetita, - plomo silicio y Ferro silicio, hasta ahora no se ha logrado encontrar uno que sea completamente satisfactorio. Además - el empleo de ánodos insolubles lleva consigo un gasto más - grande de energía eléctrica para efectuar la descomposición de la sal de cobre, gasto que es unas diez veces mayor que el exigido en el sistema múltiple de refinación como se in-

dica a continuación.

	Cobre depositado por Kw/h. - - -
Electrodos insolubles	0.36 kilogramos - -
Sistema múltiple refinación	3.6 "
Sistema en serie de refinación.	5.3 "

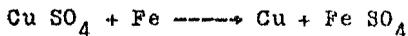
Otro de los inconvenientes de la electrodeposición es que se tiene que llevar un control muy riguroso para evitar que la solución de sulfato de cobre contenga sulfato férrico, - porque este actúa como disolvente del cobre metálico y rebaja el rendimiento de la corriente.



En nuestro caso no es posible el uso de la precipitación -- por electrodeposición, pues se dispone de capital reducido de primera inversión, y nos sale más económico precipitar con chatarra de fierro en greña por el bajo volumen de mineral que se va a beneficiar.

PRECIPITACION CON CHATARRA DE FIERRO.

El fierro ha encontrado mucha aceptación como precipiante, - debido a que es un material barato, facilmente obtenible en forma de chatarra y de empleo sencillo, las reacciones del fierro con la solución de sulfato de cobre son las siguientes:



Las soluciones de Cu SO_4 contienen $\text{Fe}_2 (\text{SO}_4)_3$ que también - consume Fe de acuerdo con la siguiente reacción: $\text{Fe}_2 (\text{SO}_4)_3 + \text{Fe} \text{ ----> } 3 \text{Fe SO}_4$, por la misma acidéz que tiene la solución también se efectúa consumo de Fe de acuerdo con la siguiente reacción $\text{H}_2 \text{ SO}_4 + \text{Fe} \text{ ----> } \text{Fe SO}_4 + \text{H}_2$.

En la práctica se ha llegado a obtener precipitado de cobre con ley de 70% al 60% cobre, dependiendo de la pureza de las soluciones.

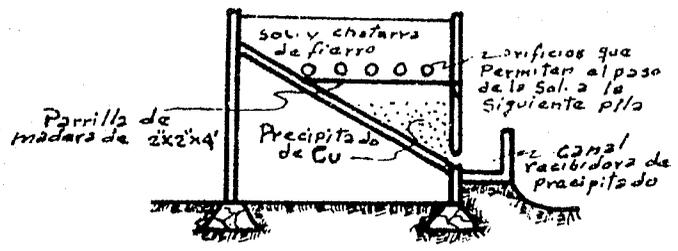
El consumo de chatarra teóricamente es de 0.878 Kg. de hierro por Kg. producido de cobre, pero en la práctica se tiene un consumo de 1.0 Kg. por kilo de cobre producido.

La precipitación principia cuando la solución de Sulfato de Cobre circula serpenteando a través de la chatarra de hierro que se encuentra depositada dentro de una serie de 16 pilas construídas con concreto armado, teniendo en su interior un falso fondo formado por una parrilla de madera que impide el paso de la chatarra al fondo de la pila, evitando que se revuelva el precipitado de cobre con la chatarra.

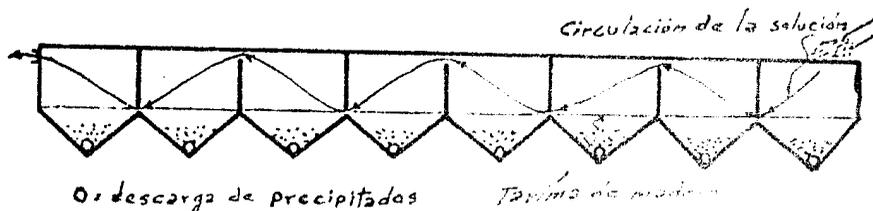
A medida que se va formando el precipitado, pasa a través de la parrilla para depositarse en el fondo inclinado de la pila, de donde es extraído al abrirse la válvula de descarga de las pilas.

La pila donde se efectúa la precipitación tiene las siguientes dimensiones:

Largo	2.00 mts.
Ancho	2.00 "
Altura	1.20 "



La serie consta de 16 pilas, en donde se efectúa la precipitación recibe el nombre de canal de precipitación, a través de la cuál circula serpenteando la solución de Sulfato de Cobre.



En la operación de precipitación se utilizan dos series de canales de precipitación, cuando en una se efectúa la precipitación y la recolección del precipitado, y cada fin de semana, se descarga, y es cuando se utiliza la otra serie de precipitación, y de esta manera se efectúa la descarga de precipitados y puede dársele el mantenimiento y reparación a las pilas.

El costo de cada sistema de pilas de precipitación es el mismo que el de las pilas de asentamiento \$15,000.00, por lo que el costo de los dos sistemas es de \$30,000.00 y su depreciación es a 10 años.

$$\frac{30,000}{3,600} = \$8.33/\text{día} \quad \frac{8.33}{50} = \$0.166/\text{ton.}$$

El costo por concepto de depreciación de las pilas de precipitación es de \$0.166/ton. de mineral tratado.

La operación de recolección se efectúa una vez a la semana y el precipitado se obtiene en forma húmeda, se deposita formando capas delgadas en el patio de secado. Una vez que el precipitado está seco se ensaca en bolsas de polietileno forradas con manta ó lona, para ser enviado a la fundición.

La superficie del patio de secado es:

Espesor de la capa del precipitado	5 cm.
precipitado del 60% obtenido en una semana -- con una recuperación del 90%	11,025 Kg.
el volúmen precipitado es de 10 m. X 10 m X - 0.05 m.	5 m ³ .

La superficie de secado necesaria para la producción de una semana es de 100 m². Se tienen dos patios de secado, ya que se tiene uno de reserva para cualquier imprevisto.

El costo de los patios de secado es de - - - \$2,000.00 y se deprecia en 10 años .

$$\frac{2,000}{3,600} = \$0.55/\text{día} \quad \frac{0.55}{50} = \$0.01/\text{ton.}$$

Costo por concepto de depreciación de patios = \$0.01/ton. -
de mineral tratado.

Podemos resumir la inversión en la planta en la siguiente --
forma:

Se ha calculado la amortización y la depreciación en 10 años.

Instalación y Equipo.	Precio	Costo/ton.-
Tolva de mina	\$ 9,000.00	\$ 0.050
Parrilla de rieles	1,200.00	0.006
Equipo de trituración	105,000.00	0.580
Banda transportadora I ...	10,000.00	0.100
Tolva de finos	15,000.00	0.080
Banda transportadora 2 ...	8,000.00	0.070
Equipo de molienda	500,000.00	1,310
Canal alimentadora de los- tanques de lixiviación ...	4,000.00	0.023
Alimentador y depósitos del ácido sulfúrico	50,000.00	0.560
3 tanques de lixiviación ..	142,102.00	0.800

	Precio	Costo/ton.
2 sistemas de pilas de asentamiento	\$ 30,000.00	\$ 0.166
2 sistemas de pilas de precipitación	30,000.00	0.166
1 patio de secado	2,000.00	0.010
Techo del molino	40,000.00	0.220
T o t a l:	945,102.00	\$ 4.341

El costo por concepto de amortización y depreciación de -
equipo e instalación es de \$4,34/ton.

COSTOS DE OPERACION.

Costo por concepto de mano de obra:

TURNO	CATEGORIA	SALARIO	7o.DIA	ALCANCE/DIA.
1	Jefe de turno.	\$ 50.00	\$ 8.33	\$ 58.33
2	" " "	50.00	8.33	58.33
3	" " "	50.00	8.33	58.33
1	Tolvero.	30.00	5.00	35.00
2	Tolvero.	30.00	5.00	35.00
1	Quebradorista.	32.00	5.33	37.33
1	Molinero	32.00	5.33	37.33
2	Molinero	32.00	5.33	37.33
3	Molinero	32.00	5.33	37.33
1	Lixiviador	35.00	5.83	40.83
2	Lixiviador	35.00	5.83	40.83
3	Lixiviador	35.00	5.83	40.83
1	Precipitador	32.00	5.33	37.33
2	Precipitador	32.00	5.33	37.33
3	Precipitador	32.00	5.33	37.33
1	Secador	30.00	5.00	35.00
2	Secador	30.00	5.00	35.00
1	Almacenista	32.00	5.33	37.33
2	Almacenista	32.00	5.33	37.33
1	Velador	30.00	5.00	35.00

TURNO	CATEGORIA	SALARIO	70. DIA	ALCANCE/DIA.
1	Mecánico.	\$ 35.00	\$ 5.83	\$ 40.83
2	Mecánico.	35.00	5.83	40.83
Costo total de mano de obra de operación =				\$890.11

Por lo tanto el costo de mano de obra por ton. será:

$$\$890.11/50 = \$ 17.80$$

Costo de mano de obra = \$ 17.80/ton.

COSTO POR CONCEPTO DE MATERIALES.

MATERIALES	CONSUMO/TON.	PRECIO	COSTO/TON.
Sold. Quebradora ..	0.070 gr.	\$ 12.00 Kg.	\$ 0.84
Lainas molino	100 "	10,000.00/tn.	1.14
Bolas molino	300 "	3,500.00/tn.	1.05
Lubricante	0.08 lt/tn.	6.00/lt.	0.48
Acido sulfúrico ...	80 kg./ton.	0.50 Kg.	40.00
Chatarra de fierro.	25 kg./ton.	0.30 Kg.	7.50
			<u>\$ 51.01</u>

COSTO POR CONCEPTO DE ENERGIA ELECTRICA:

1 Kwh = 1.34 H.P./hora.

1 Kwh = 0.40

1 H.P./hr. = \$0.40/1.34 = \$0.30/H.P. hora

Se tratan 50 ton. de mineral/día.

MOTOR DE:	H.P.	CCSTO DE UN H.P./HR.	HORAS DE TRABAJO.	CCSTO TON.
Trituradora 1	15	\$ 0.30	6.00	\$ 0.54
Trituradora 2	15	"	6.00	0.54
Molino	50	"	24.00	7.20
Tanque lixiviador..	30	"	4.15	0.75

MOTOR DE:	H.P.	COSTO DE UN H.P./HR.	HORAS DE-TRABAJO.	COSTO/ TON.
Tanque lixivador 2...	30	\$ 0.30	4.15	\$ 0.75
Tanque lixivador 3...	30	"	5.03	0.90
Bombas Solución.....	10	"	24.00	1.44
Bomba de Agua.....	40	"	8.00	1.92
Alumbrado y servicios.	5	"	12.00	0.36
T o t a l:				<u>\$ 14.40</u>

Costo por concepto de energía eléctrica = \$14.40/ton.

COSTO POR CONCEPTO DE GASTOS INDIRECTOS.

Por este concepto tenemos al personal que labora en la planta de lixiviación y se resume en el siguiente cuadro con cargo - al beneficio del mineral:

ADMINISTRACION	SUELDO MENSUAL.
Superintendente	\$ 8,000.00
Metalurgista práctico....	3,000.00
Contador	2,000.00
Secretaria	1,000.00
LABORATORIO.	
Ensayador	2,000.00
Servicio médico y medicinas.	10,000.00
Papelería reactivos de lab..	700.00
Imprevistos	<u>2,300.00</u>
T o t a l :	\$ 29,000.00

\$29,000.00/1500 ton. = \$ 19.33/ton.

Costo indirecto por tonelada = \$ 19.33

RESUMEN DE COSTOS POR TON. EN LA LIXIVIACION:

Amortización de equipo e instalación..... \$ 4.34

Costo de mano de obra.....	\$ 17.80
Costo por concepto de materiales	51.01
Costo por concepto de energía eléctrica.	14.40
Costo por concepto de gastos indirectos.	19.33
T o t a l :	<u>\$ 106.88</u>
Costo total por ton. de mineral lixiviado:	<u>\$ 106.88</u>

PROFORMA DE LIQUIDACION:

La producción quincenal de precipitado de cobre calculado en -
peso seco es de 28,125 Kgrs.

Precio del cobre en el mes de Febrero de 1973 52 cent.Dll/lb.

$$52 \times 2.2 = 114.64 \text{ cent. de dollar/Kgr.}$$

La fundición paga $114.64 - 14.61 = 99.8$ cent.de dollar/kgr. - -

$$99.8 \text{ cent. de dollar} = 12.475 \text{ M.N. el Kgr.}$$

ley ----- 60% cobre.

contenido de cobre por tonelada = $600 - 13 = 587$

Recuperación de fundición. = 90%

$$587 \times 0.9 = 528.3 \text{ Kgrs.}$$

Valor bruto del precipitado por ton. = $528.3 \times 12.475 = \$6,590.54$

maquila \$21.00 dolares/ton. \$ 262.50

Impuesto de producción \$2.342 Kg. 1237.28

deducciones: \$ 1499.78

Subsidio 85% de la F.N.F.

impuesto de producción para barras impuras = 5.78% de \$0.20 do -
llar/lb. más la diferencia de $52 - 20 = 32 \times 0.3312 = 10.6 \%$

10.6 + 5.78 = 16.38% del precio actual del cobre.

Impuesto de producción =	2.342	-
participación estatal = 2.35% del precio actual del cobre .	0.336	-
	<u>2,006</u>	
P.N.F. =	\$ 2,006	
Subsidio = 2.006 X .85 = \$ 1.705/Kgr. =	\$ 900.75	-
Valor bruto del precipitado	\$ 6,590.54	
Subsidio	<u>900.75</u>	
Créditos	\$ 7,491.29	
deducciones.	<u>1,499.78</u>	
Valor neto por ton. de precipitado....	\$ 5,991.51	
Percepción total por el lote de 28,125 Kg.=	\$168,511.22	-
menos flete a fundición \$150.00/ton.....	4,218.75	-
menos seguros y otros	<u>1,872.00</u>	-
liquidación total:	\$162,420.47	-
Beneficio quincenal de mineral 750 ton.		
percepción neta por ton.de mineral.	<u>\$ 216.56/ton.</u>	

INVERSION EN LA PLANTA DE LIXIVIACION.

COSTO E INSTALACION DEL EQUIPO:

EQUIPO	COSTO
Tolva de gruesos.....	\$ 10,200.00
Quebradora de Quijada I	56,250.00
Quebradora de Quijada 2.....	48,750.00
Banda transportadora I.....	10,000.00
Tolva de finos	15,000.00
Banda transportadora 2	8,000.00
Molino corto 5' X 5'	500,000.00

Canal alimentadora a tanques de lixiviación...	\$ 4,000.00
Depósitos y alimentador de ácido sulfúrico ...	50,000.00
Tres tanques lixivadores	142,102.00
Pilas de asentamiento	30,000.00
Pilas de precipitación	30,000.00
Patio de secado	2,000.00
Techo del molino	40,000.00
	<u>\$946,302.00</u>

Inversión total en la planta de lixiviación = \$946,302.00

Resumen de costos por ton. de mineral en la:

Exploración y desarrollo	\$ 7.79/ton.
Preparación	64.04 "
Explotación	49.18 "
Beneficio	106.70 "
	<u>227.71</u>
T o t a l : 227.71	

Costo total por tonelada de mineral \$ 227.71

Valor por ton. de mineral deduciendo
maquila de fundición e impuestos ... \$ 216.56/ton.

\$ 216.56/ton.

227.71

\$ 11.15

Pérdida por tonelada: \$11.15

11.15 X 50 X 30 = \$ 16,725.00

Pérdida mensual= \$16,725.00

Pérdida en el primer año de operación de la planta

\$ 200,700.00

Tomando en cuenta que los Jales se están lixiviando lentamente y de los cuales se recupera el 0.23% de cobre del 0.25% - que tienen, esta recuperación se empieza a tener después de los 3 primeros meses del inicio de la operación y se puede - considerar que se tratan después de los tres meses un promedio de 50 ton. de Jales/día, con una utilidad probable de -- \$22.13 ton. de Jales lixiviada.

La percepción probable en el primer año de operación por concepto de lixiviación de Jales es de:

1,500 ton. X 9 meses = 13,500 ton. de Jales tratadas en 9 meses.

$$13,500 \times 22.13 = 298.755.00$$

Percepción por concepto de recuperación de Jales \$298,755.00

Pérdida en la planta durante el primer año de --

operación . - - - - - 200,700.00

Percepción probable en el primer año de operación: \$ 98,055.00

INVERSION TOTAL EFECTUADA EN EL PRIMER AÑO
DE OPERACION:

Costo de la Exploración y desarrollo.....	\$ 233,599.96
Costo de la preparación	430,387.20
Costo de la Explotación de 18,000 ton ...	885,240.00
	<hr/>
	\$1,549,227.16

Costo total de la operación minero metalúrgica: \$ 1,549,227.16

Este capital genera intereses a razón del
12% anual = \$185,907.26

La pérdida anual obtenida es de:

\$ 185,907.26

98,055.00

\$ 87,852.26

Pérdida total en el año de operación = \$ 87,852.26

CONCLUSIONES:

I.- Con el precio de 52 cent. de dollar/libra de cobre se tiene una pérdida en el primer año de operación de:

\$ 87,852.26

II.- Como la tendencia en el precio del cobre es a subir, se espera se establezca este en el transcurso del año de 1974, en un precio no menor de 65 cent. de dollar por libra, lo que haría posible que se obtuvieran utilidades en vez de pérdidas. (anexo I cálculo de la proforma de liquidación con el precio del cobre a 65 cent. de dollar por libra.)

III.-Utilizando las mismas instalaciones se puede elaborar el sulfato de cobre básico y sulfato de cobre penta hidratado, y así tornar la pérdida que se tiene al producir cemento de cobre en utilidades. (anexo II generalidades y obtención del Sulfato de cobre básico y sulfato de cobre penta hidratado.)

ANEXO I.
PROFORMA DE LIQUIDACION.

Producción quincenal de precipitado de cobre calculada - - -
en peso seco. - - - - - \$ 28,125 Kg.

Precio del cobre promedio esperado para el año de
1974. 65 cent de dolar/libra.

$65 \times 2.2 = 143$ cent. de dolar/kg.

La fundición paga $143 - 13 = 130$ cent. de dolar/ Kgr.

130 cent. de dolar = \$16.25 M.N. el Kgr.

Ley de cobre .----- 60%

contenido de cobre por ton. = $600 - 13 = 587$ Kgs.

Valor bruto del precipitado por ton. = $587 \times 16.25 = \$ 9,538.75$

Maquila \$21.00 dolares/ton. -----	\$ 262.50
Impuesto de producción . -----	\$1972.61
deducciones: -----	\$2235.11

P.N.F = Imp.de prod.- precepción estatal (2.35% del precio del
Cobre) = P.N.F. = $(1972.61 - 224.16) = \$1748.45/ton.$

Subsidio = 85% de la P.N.F = $1748.45 \times .85 = \$ 1,486.18$

Valor bruto del precipitado	\$ 9,538.75
Subsidio	1,486.18
Créditos	\$11,024.93
Deducciones.	2,235.11
	\$ 8,789.82

Liquidación/ton. \$ 8,789.82

Percepción total por el lote de 28,125 Kgs.	\$247,213.69
menos flete a fundición \$150.00/ton. - - -	4,218.75
menos seguros y otros . - - - - - - - - -	<u>1,536.06</u>
Percepción neta por el lote.	\$241,458.88

Beneficio quincenal ----- 750 ton.

Percepción neta por ton. de mineral	\$ 321.94/ton.
Gastos de producción por tonelada.	227.71
Intereses de la inversión por ton.	<u>11.31</u>
Utilidad neta por tonelada.	\$ 82.92

Utilidad neta anual = \$ 304,560

ANEXO II

GENERALIDADES DEL SULFATO DE COBRE.

Aplicaciones:

Actualmente se utiliza el sulfato de cobre en fabricación de fungicidas, fertilizantes y contra los parásitos en el ganado mayor y menor, así como también en la industria metalúrgica, etc. etc. etc.

Cotizaciones del Sulfato de Cobre en el mercado nacional:

El sulfato de cobre básico tiene un valor que fluctúa entre \$12,500.00 a \$18,000.00 por tonelada, dependiendo de las necesidades del mercado, precio del cobre y contenido del mismo (45% cobre)

El sulfato de cobre penta hidratado tiene un valor de - - \$5,500.00 a \$8,500.00, dependiendo también de las necesidades en el mercado.

Consumidores:

Todas las zonas agrícolas que cultiven cítrico, legumbre, copra, y especialmente las zonas agrícolas húmedas.

La industria metalúrgica lo consume como reactivo.

También existe un clima favorable por parte del gobierno-federal para lograr la exportación del sulfato de cobre al extranjero.

Materias primas que se requieren para su producción:

Mineral de carbonato de cobre.

Acido sulfúrico

Amoníaco.

Equipo de producción y tratamiento:

El equipo que se utiliza es el mismo que se necesita para-
para producir el cemento de cobre, la diferencia en el tra

tamiento es que se substituye la chatarra de fierro por el amoníaco, siendo este el precipitante.

El costo de producción en el sulfato de cobre es más bajo que para el cemento de cobre, ya que se ahorra la máquina y castigos de fundición.

El precio del sulfato de cobre es más atractivo que el del cobre metálico, y para su elaboración se emplea un máximo de 45% cobre metálico.

Comparando precios de acuerdo con el contenido de cobre tenemos lo siguiente:

Cobre metálico	Sulfato de Cu	Sulfato de Cobre.
100 % Cu.	Pentahidratado 25% Cu	Básico 45% Cu. -
precio \$14.30 Kg.	\$ 5.00 Kg.	12.50 Kg.

Con un kilo de cobre metálico se producen 4 Kg. de sulfato de cobre pentahidratado y su valor es de \$ 20.00.

Con un kilo de cobre metálico se producen 2.22 Kg. de sulfato de cobre básico y su valor es de \$27.75

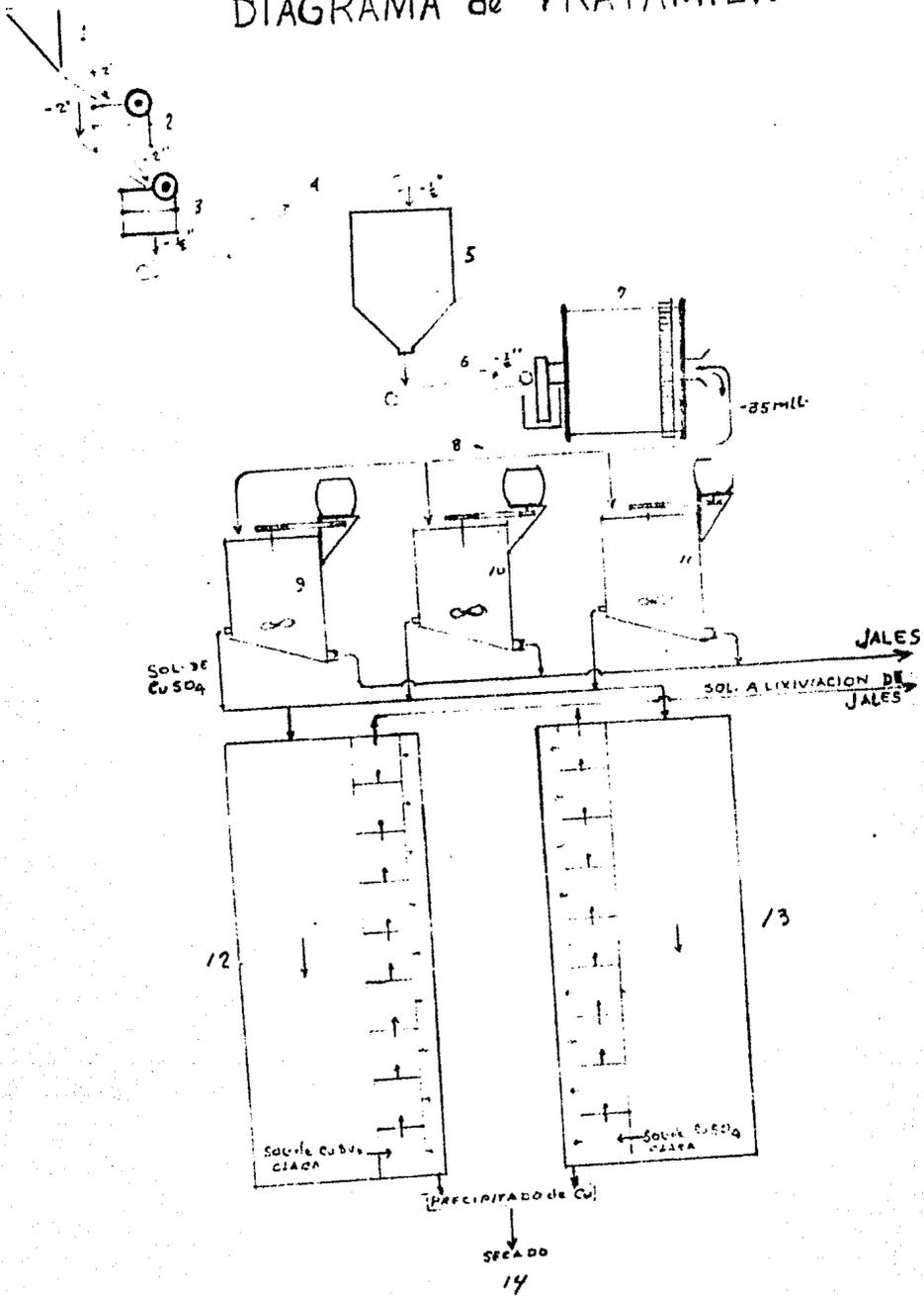
Comparando precios se observa que es de más valor la producción de Sulfato de Cobre, por lo que se concluye que:

Es más costeable la producción de Sulfato de Cobre que la del cemento de cobre.

DIAGRAMA DE TRATAMIENTO.

- 1.- TOLVA DE GRUESOS
- 2.- QUEBRADORA DE QUIJADA PRIMARIA.
- 3.- QUEBRADORA DE QUIJADA SECUNDARIA.
- 4.- BANDA TRANSPORTADORA No. 1
- 5.- TOLVA DE PINOS.
- 6.- BANDA TRANSPORTADORA No. 2
- 7.- MOLINO DE BOLAS CORTO.
- 8.- CANAL ALIMENTADORA DE TANQUES LIXIVIADORES.
- 9.- TANQUE LIXIVIADOR No.1
10. TANQUE LIXIVIADOR No.2
11. TANQUE LIXIVIADOR No.3
12. SISTEMA No. DE PILAS DE ASENTAMIENTO Y PILAS DE PRECIPITACION.
13. SISTEMA No. 2 DE PILAS DE ASENTAMIENTO Y PILAS DE PRECIPITACION.
- 14 PATIO DE SECADO.

DIAGRAMA de TRATAMIENTO



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

- | Texto | Autor. |
|--|------------------|
| 1.- Elements of ore Dressing. | Taggart Arthur F |
| 2.- Mine Plant Desing. | Staley W. |
| 3.- Yacimientos Minerales de -
Rendimiento Económico. | Bateman Alan M. |
| 4.- Elementos de Minería. | Young George J. |
| 5.- Elección y Crítica de los Méto-
dos de Explotación en Minería. | B. Stoces. |
| 6.- Apuntes de Metalurgia I, II, III, IV, de las cátedras -
impartidas por el Ing. David Contreras. | |