

Proyecto de
Metalurgia

Escuela de Ingenieros, junio 1907.
Jermanyflange.

Nota 16.

201



Jermanyflange

Proyecto de Metalurgia

Con el fin de desarrollar la negociación y de aprovechar todos los productos útiles de la explotación, se propone instalar un establecimiento metalúrgico que satisfaga este fin.

Dos son los productos de explotación de que se puede disponer en gran proporción:

- 1.º Brozas de las antiguas explotaciones que tienen fuerte cantidad de sílice con pequeños nodulos de chalcopirita y pirita de fierro y que dan un promedio de 6% de cobre y 3 onzas por caj. de plata.
- 2.º Minerales de la explotación presente que dando una cantidad grande de alta ley suministran al mismo tiempo cierta cantidad de brozas utilizables.

Tomatiendo las primeras a una preparación preliminar se logra obtener un producto cuya composición mineralógica se acerca mucho a la de los de la explotación, cuya fórmula constitutiva es la siguiente:

| | |
|------------------|------|
| Guarzo | 11 % |
| Pirita de fierro | 18 " |
| Chalcopirita | 43 " |
| Enarfita | 12 " |
| Quinonita | 12 " |
| Blenda | 4 " |

100.

especies que siendo argentíferas dan 10 % de plata.

Se desea producir cobre i plata metalicos i para ello se pide un estudio que comprenda.

- a) El método de tratamiento que conviene seguir en cada clase de materia prima
- b) Las operaciones que deben efectuarse
- c) Aparatos que son necesarios para obtener los productos finales indicados
- d) Marcha del establecimiento, teniendose en cuenta para esta resolución que las cantidades de minerales de que se dispone son

Brogas . 20 Ton^s Minerales . 50 Ton^s

En la localidad se dispone de carbón de buena calidad que permite la preparación de coque para fundición, i fuerza motriz; hai abundancia de agua para el empleo de ruedas Pelton.

Se acompañara a este estudio el presupuesto de la instalación i se calculara el costo de producción de cada tonelada de cobre argentífero en el establecimiento metalurgico.

I.

Métodos de tratamiento.

Dos son los productos cuyo tratamiento tenemos que discutir, el primero brozas, compuestas de gran cantidad de silice con pequeños nodulos de Chalcopirita i pirita de fierro i el segundo minerales con la composicion mineralogica que se indica. El objeto del tratamiento de las primeras es el de obtener un producto cuya composicion se asemeje a la de los segundos, i someter entonces ambos productos a un tratamiento comun

a) Tratamiento de las brozas

Para obtener un producto cuyo tratamiento metalurgico posterior resulte economicamente practicable, es necesario eliminar en las brozas, en cuanto sea posible, la materia estéril, es decir separar la sustancia utilizable con la menor cantidad posible de ganga. semejante separacion se practica por medio de aparatos mecanicos i con ayuda del agua, fundandose en las diferencias de densidad (a igualdad de volumen) de los materiales a separar.

No puede pensarse desde luego en la concentracion por fusion de brozas con 6% de Cu, porque con lei semejante la operacion no resultara economica

Concentrados mecanicamente, en los aparatos i piquien, de la marcha que mas adelante indicio, puede obtenerse arreglando la marcha de los aparatos a ese fin, un producto que siendo semejante en su composicion al mineral a tratar, podria mezclarse

se con él i pasar juntos a las operaciones del
 b) Tratamiento de las menas.

Tres son los procedimientos que pueden seguirse para extraer el cobre de sus menas; procedimientos por la vía seca, por la vía húmeda i electrolíticos. Los últimos todavía en el periodo de su perfeccionamiento no se han aplicado hasta hoy sino como ensayos, pero no en grande escala.

Para elegir entre los otros dos: por la vía seca o la húmeda no hay que tener en cuenta sino principalmente la ley i las condiciones locales de la región. La vía húmeda es aplicable principalmente a menas de baja ley en cobre, siendo dado el límite por las facilidades mas o menos grandes de obtener económicamente el combustible necesario.

Si pues se trata de un mineral de alta ley en Cu que puede cubrir con exceso los gastos que originaria su extracción por vía seca i desde que se supone que hay en la región carbón de buena calidad para la fabricación de coke, claro que adoptaremos la vía seca para la extracción del cobre i de la plata.

El procedimiento de extracción del cobre por vía de fusión, que está fundado en la formación de un sulfuro doble de cobre i fierro al mismo tiempo que se escorifican las gangas i en la oxidación posterior de este producto o mata para obtener cobre metálico i óxido de fierro que se escorifica; puede efectuarse en hornos de cuba o en reverberos, en cada uno de los cuales las reacciones que tienen lugar son diferentes, es decir siguiendo los procedimientos alemán o inglés

La elección de uno u otro procedimiento se hará teniendo en cuenta principalmente la calidad y precio del combustible de que se dispone en la región pues si la hulla de que se dispone no se prestara a la fabricación del cobre, el procedimiento en hornos de culebra no sería practicable. La calidad del mineral es también cuestión que debe mirarse preferentemente. Si se trata de un mineral muy ferruginoso como el que vamos a beneficiar los hornos de reverbero no son convenientes porque el fierro es atacado muy rápidamente. Por lo demás como supone, por casi constante la composición de las menas, el uso de reverberos no presentaría las ventajas que presenta cuando se tiene productos de variada composición y menas oxidadas que permiten evitar el tostado haciendo mezclas convenientes.

Obtenida la mata por el procedimiento alemán cuyos ventajas acabamos de ver y cuyos detalles discutiremos en el lugar oportuno, la producción del cobre bruto es rápida y económica principalmente tratándose de minerales que contienen arsenio y antimonio, como el nuestro, en convertidores en los cuales por una insuflación de aire se oxida el fierro que se escorifica con la piliza del revestimiento y el cobre es reducido al estado metálico. Este procedimiento es económico siempre que se disponga en el lugar de fuerza mecánica a poco costo, como ocurre en nuestro caso en que tenemos agua suficiente para obtener la fuerza necesaria.

Fundados los procedimientos que vamos a emplear para el tratamiento de los productos de la explotación, veamos los detalles de cada uno de ellos.

Concentración mecánica de las brozas.

Para proyectar una instalación de preparación mecánica es indispensable si se quiere tener la seguridad de que ella ha de responder al objeto que se persigue, tener a la mano el mineral a concentrar y ejecutar con el en pequeño lo que luego ha de realizarse en gran escala.

La constitución física del mineral, el modo como en él está repartida la riqueza y la forma en que se encuentra esta en aquel, ^{conjuntos que hai que contemplar.} Con semejantes datos es ya posible decidir si conviene una concentración gruesa, fina o mixta. Pero no es bastante eso aun. Es necesario moler a diferentes tamaños el mineral, clasificarlos luego en cedazos, cuyas mallas sigan por ejemplo la progresión geométrica cuya razón es $1\frac{1}{2}$. Anotar la proporción en cada caso del mineral fino respecto del grueso. Ensayar para determinar la cantidad de materia útil en cada uno. Someter cada clase a un lavado en fijas a mano o en cedazos, y volver a ensayar para conocer en cada clase de molienda la proporción de concentrados y relaves, sus leyes, las pérdidas etc. Solo entonces podrá saberse lo que mas conviene para proyectar la instalación y podrá decirse algo, aun cuando aquello solo puede fijarse en la oficina misma una vez en trabajo en vista del producto que se obtenga, sobre la marcha de los aparatos.

Al elegir nosotros pues uno u otro sistema de concentración y al detallar la marcha de la oficina, no procede.

mos pues del todo a ciencia cierta, mucho menos cuando indicamos la cantidad y naturaleza de los productos que se obtendrán. El objeto que se persigue es, llegar a un producto semejante al que vamos a fundir y a ese objeto hai que subordinar la marcha de los aparatos, procediendo por ensayos que al fin conduzcan a un refino conveniente.

Juzgo inútil detenerme a hacer aqui digresiones de caracter general sobre los principios en que se funda la preparacion mecanica de las menas. Detenerme a decir por ejemplo que en ella se aprovecha la diferencia de densidades de los materiales a separar, con el objeto de que cayendo con distintas velocidades en una masa de agua, pueda conseguirse su separacion. Que para ello es necesario tener en cuenta el volumen de las granallas a tratar, porque la velocidad con que una granalla cae en el agua, velocidad que depende de su densidad, de la viscosidad del liquido y del empuje del fluido, puede expresarse por la formula

$$v = a(D-1)$$

en la cual a es el lado de la granalla, D su densidad y 1 es la del agua. En ella se ve que los factores que influyen en la velocidad son a y D y que si se trata de materiales de distinta densidad, el volumen de las granallas puede ser tal que el producto aD sea igual o muy próximo para ambos, en cuyo caso caeran con velocidades

iguales o muy próximas. Estas partículas se llaman equivalentes.

Por lo tanto la clasificación puede hacerse primero por volúmenes y luego por densidades o al contrario: primero por equivalencias y después por volúmenes.

Veamos ahora las condiciones especiales del mineral a tratar para decidir del procedimiento (mas convenientemente).

Se trata la chalcopirita, cuya densidad es 4.20, y que se encuentra diseminada en nodulos, acompañada de pirita de fierro, de su ganga, el cuarzo, cuya densidad es 2.65, para obtener un producto semejante al mineral cuya composición se ha dado al principio.

Siendo la densidad de los elementos a separar 4.20 y 2.65, la relación $\frac{D-1}{D'-1}$ que a igualdad de volumen expresa la relación de las velocidades con que los granallas de ambos materiales caerán en el agua, y por consiguiente la mayor o menor facilidad de separación, será $\frac{4.20-1}{2.65-1} = 1.93$, que es bastante grande para permitir su separación, siempre que la molienda sea a granos suficientemente gruesos para que las partículas de chalcopirita no floten en el agua.

Esta cuestión del grado de finura que debe darse al mineral, es la cuestión mas importante a resolver y ya hemos dicho que solo experiencias de laboratorio pueden dar la seguridad de que se procede bien al elegir tal o

sual aparato de molienda. Teniéndose Tratándose de separar la Chalcopirita del cuarzo, encontrándose la primera en nodulos diseminados en la ganga, es claro que el grado del mineral no debe ser demasiado fino, tanto porque no es necesario para efectuar la separación de la sustancia útil, cuanto porque las especies de cobre en particular muy finas, flotan en el agua y se dificultaría por consiguiente la separación de ellas. Es preciso pues al elegir el aparato de molienda, tener en consideración que la cantidad de finos que se obtengan no sea demasiado fuerte.

Estas consideraciones justifican el procedimiento y el uso de los aparatos que luego vamos a adoptar.

Las operaciones que constituyen el tratamiento son:

- 1.º Trituración y molienda del material
- 2.º Clasificación por volumen y
- 3.º Clasificación por densidades en aparatos apropiados al tamaño y forma de las granallas.

1.ª operación. Molienda

Consta de otras dos operaciones: la trituración que deja el mineral del volumen necesario a sufrir la otra operación que es la molienda propiamente dicha.

Las brozas a concentrar son primero clasificadas en dos productos por medio de un grizley, cuya formada de sieles, inclinada, que deja pasar los trozos menores de

6. ctms, que van a los aparatos de molienda i aparta los de mayores dimensiones que son triturados

La cantidad de brojas que debemos tratar diariamente es de 20 tons, por lo tanto una chancadora Blake de 10 x 4 que pasa terminos medios, # tons a la hora con una velocidad de 250 vueltas por minuto i que gasta # HP, sera suficiente.

La descarga de los grizley se hara en una tolva que por medio de un muy conocido aparato de alimentacion regular i automatica, alimentara los aparatos de molienda, respecto de los cuales ya hemos dicho lo bastante para justificar el uso de los cilindros, desde que ellos no dan cantidad muy notable de lamas i se adaptan por consiguiente bien a la naturaleza de nuestro mineral.

La capacidad de estos aparatos depende en muchos de su velocidad, del tamaño del granó a que se muele, del tamaño de los trozos que entran a la molienda etc pero con un aparato cuyos cilindros tengan 50 ctms de diametro por 30 de cara i que de 70 a 130 vueltas por minuto, gastando 7 HP, juzgamos que puede atenderse bien a la molienda del mineral por tratar diariamente. La separacion de los cilindros que determina la finura del granó, se arreglara por supuesto convenientemente. - La molienda se hara en húmedo.

La descarga de los cilindros pasara a un tromo

mel para devolver a los cilindros los trozos de mineral de diámetro superior al conveniente para la reparación del mineral de su ganga, diámetro que podemos fijar en 2 milímetros. De suerte que el mineral que sale de los aparatos de molienda es descargado en un trommel el cual deja pasar a través de sus mallas la parte del mineral cuyos granos tienen un diámetro igual o inferior a 2 milímetros; la parte mas gruesa va a un elevador que lo devuelve a los cilindros molidores. La porción que atraviesa el cedazo del trommel estará compuesta de granos desde 2 milímetros, hasta arena, impalpables, siendo estas en pequeña cantidad, como ya dijimos.

2ª i 3ª operaciones.

comunicación
clasificación
por agua
del trommel

El mineral que ha atravesado el cedazo del trommel es sometido a una clasificación en los aparatos llamados figs, de los que el mas usado es el del tipo del Kay. Para someter el mineral a una clasificación en estos aparatos, no es necesaria una previa separación por volúmenes, desde que el mineral arrastrado por una corriente de agua pasa por una batería de figs, en cada uno de cuyos compartimentos van quedando primero las partículas mas pesadas, luego las mas ligeras, saliendo por fin del último compartimento los clases de productos que el agua no ha permitido depositar. Las partículas gruesas que el agua ha podido arrastrar en razon de su poco peso i que están por consiguiente constituidas solo por material estéril.

i las partículas finas, cuyo tamaño, a pesar de su densidad ha permitido que el agua las arrastre.

No es necesario describir los figs, aparatos con puentes de dos compartimentos que comunican por la parte inferior; en uno de los cuales se mueve un pistón con movimientos de va i ven, movimiento que es comunicado al agua que llena el aparato i que acciona sobre el otro compartimento en el cual sobre un cedazo reposa una cama de mineral de una densidad igual o un poco superior a la del mineral que va a separarse.

Se comprende que al entrar en el figs el agua que arrastra al mineral, se depositará en el primero el mineral mas pesado, es decir las partículas mas grandes i las mas densas. Este mineral al caer sobre el cedazo i al sufrir la acción de va i ven del agua del aparato, se clasificará i solo atravesaran la cama i cedazo del aparato las partículas mas finas i mas pesadas, es decir la parte útil, quedando aquellas partículas que debido a su tamaño fueron abandonadas por el agua, no obstante que por no tener material aprovechable su densidad era inferior a la de las partículas de sustancia útil.

Disponiendo una batería de 3 figs, como la posibilidad del agua va disminuyendo al pasar de uno al otro, permitirá depositarse en cada uno de ellos partículas cada vez menos pesadas, de modo que se obtendrá del primer aparato un concentrado rico (schlich); del segundo

un schlick menor, rico o un producto mixto si es muy compleja la composición del mineral que se trata y del tercer un producto mixto pobre. Puede arreglarse la velocidad del agua y el golpe de los pistones de modo que la mezcla de esos tres productos nos dé unid. de composición semejante al mineral que vamos a fundir.

Las dimensiones de los cilindros de los figs serán 400×950 mm. y puede calcularse que con esas dimensiones podremos pasar en 24 horas las 20 toneladas de mineral que tenemos por tratar, disponiendo tres figs con un nivel entre cada unid. de 20 cilindros. La fuerza que cada unid. de estos aparatos gasta es de 0.2 HP.

La frecuencia y stroke de los pistones, ya hemos dicho que se arreglará en la práctica, aun cuando Castelneau da las fórmulas.

$$C = 5d \quad \text{y} \quad n = 300 - 2c$$

en las que C es la carrera del pistón, d el diámetro de los granos en milímetros y n el número de golpes del pistón por minuto, fórmulas que aplicadas al caso actual dan para la carrera del pistón 10 mm y para la frecuencia del golpe 280 por minuto.

El producto que no se ha depositado en los figs y que ya dijimos que estaba compuesto de partículas gruesas y poco pesadas (esteril) y finas y pesadas (util) estas últimas por supuesto mezcladas con las partículas finas del esteril. debe por consiguiente ser clarificado en dos unid. gruesas que

no contiene ya material aprovechable y el otro finis que tiene que ser aun sometido a una clasificacion en aparatos apropiados (mesas vibratorias). De tal modo que al salir la pulpa de los figos es enviada a un trommel cuyos agujeros tengan $\frac{3}{4}$ de milimetro de diametro, que es el tamaño de granos apropiado para el Tratamiento en mesas, trommel del cual se obtienen dos clases de productos, uno grueso exterior y uno finis de granos inferiores a $\frac{3}{4}$ de milimetro, que es enviados a una mesa vanner de banda acanalada.

Una frue vanner cuyo eje principal de 180 revoluciones por minuto, el de vibración $\frac{2}{3}$ y de una cama de 1.20 x 4 metros, deya pasar 19 tons en 24 horas y por consiguiente satisfara ampliamente nuestras necesidades.

No es necesario volver a repetir que la velocidad de la banda, su inclinacion y su movimiento vibratorio se arreglaran de modo que los relaves que se obtengan sean suficientemente pobres para ser desechados.

En resumen, la oficina de concentracion mecanica estara compuesta de los siguientes aparatos:

- Una chancadora Blake.
- Un aparato de molienda (cilindros).
- Un trommel de malla de 2 mm y otro de malla de $\frac{3}{4}$ de mm.
- Un elevador.
- Una bateria de 3 figos y
- Una mesa vanner de banda corrugada.

La marcha de los productos y la disposicion de

la oficina se ve en el esquema i croquis adjuntos.
Cálculo de los productos obtenidos.

Es naturalmente imposible hacer un cálculo aproximado de la cantidad i leyes de los productos que se obtendrán de la preparación mecánica que acabamos de describir. Sin embargo trataremos de hacer un cálculo grosero para saber el peso del mineral que debe tratar la oficina de fundición de que vamos a hablar mas adelante, cálculo basado en lo que hemos dicho, que por ensayos sucesivos en la marcha de los aparatos puede llegarse a un regimen del cual se obtenga un producto de composición semejante al mineral que vamos a fundir

Entre las combinaciones del cobre la chalcopirita es - no obstante lo dicho respecto de la diferencia de densidades con la silice - la mas difícil de separar, por su tendencia a formar lama, que flotan en el agua i de allí que solo la práctica puede decir si en verdad son deseables los productos que hemos considerado como estériles o si serán aun necesarios otros aparatos para su tratamiento

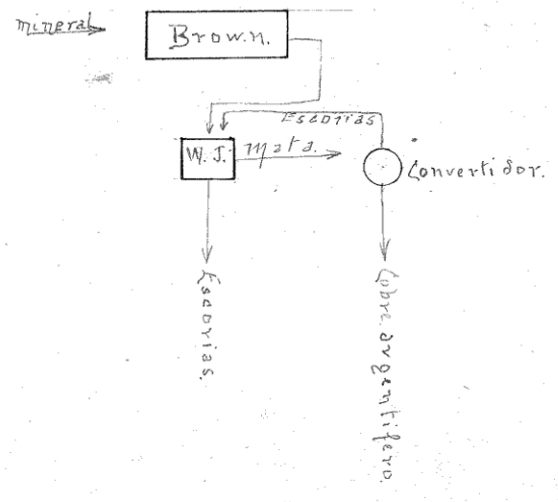
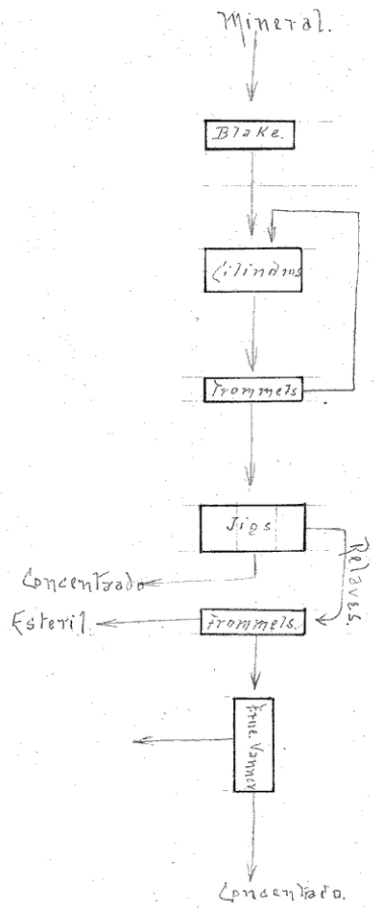
Sin embargo de eso puede extraerse por concentración mecánica del 38 al 40% del cobre contenido en el mineral, siendo entre los metales fácilmente concentrables el que ocupa tener lugar (plomo, oro, cobre, plata etc).

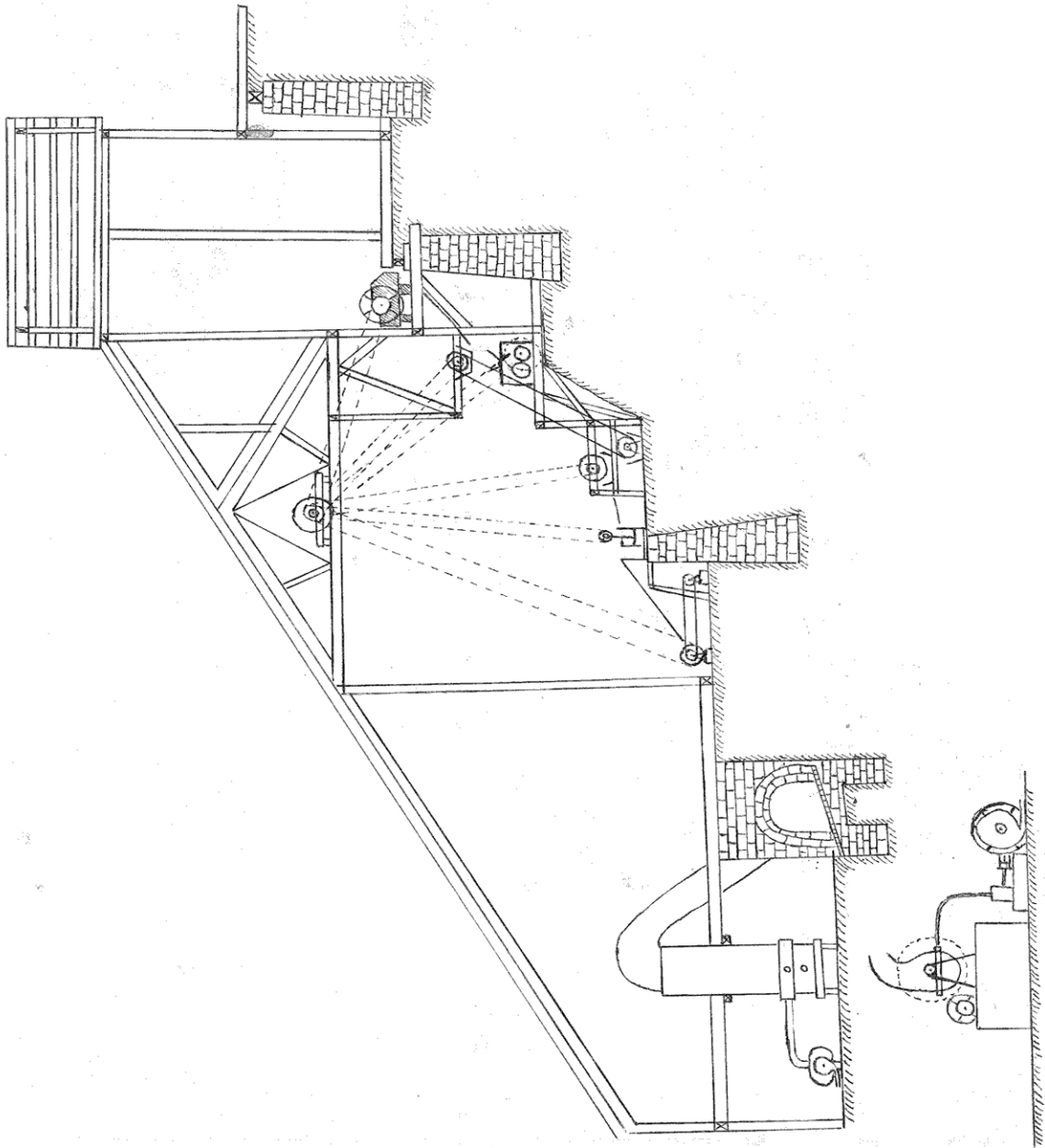
Si van en los concentrados el 40% del cobre contenido en el mineral que se trata, cobre que asciende a 1500" en el tratamiento diario, 720" de cobre estarían contenidos en los

concentrados y #80 en los relaves.

Las pérdidas de plata oscilan entre 35 y 40% y como las brajas tienen 3 marcos de plata por cajón, estarán contenidos en los concentrados 3^{ta} 23% de plata y 1^{ta} 743 irán en los relaves, de la plata contenida en las 20 toneladas de braja que se tratan diariamente.

Por consiguiente pues, resultarán del tratamiento diario 3^{ta} 300 de concentrados con una ley media de 20 a 22% de cobre y 10 a 12 marcos por cajón de plata y 16^{ta} 700 de relaves con 3% de cobre y 1 a 2 marcos de plata por cajón. La concentración se hará pues de 1 a 7, cosa que no es difícil si se tiene en cuenta que en muchas oficinas se hace hasta de 1 a 10.





Tratamiento de los Minerales y Concentrados

Se trata de

beneficiar 50 tons diarios de mineral cuya composición es la siguiente:

| | | |
|------------------|---------------|-----|
| Cuarzo | SiO_2 | 11 |
| Pirita de fierro | FeS_2 | 18 |
| Chalcopyrita | $Cu_2S^4Fe^2$ | 43 |
| Enarfita | Cu^3AsS^4 | 12 |
| Bournonita | $CuPbSbS^3$ | 12 |
| Blenda | ZnS | 4 |
| | | 100 |

santidad a que hai que agregar 3⁷500 de concentrados cuya composición es semejante a la del mineral i que por consiguiente pueden mezclarse para tratarse juntos.

Veamos en primer lugar la proporción de los elementos simples que el mineral contiene, proporción deducida de las fórmulas que acabamos de indicar.

De esas fórmulas i teniendo en cuenta los pesos atómicos se deduce por una sencilla operación de aritmética que la composición centesimal de cada uno de los elementos que entran en el mineral es

| | | |
|--------------------|-------------|---------------------------------------|
| Pirita de fierro = | Fe = 46.67% | S = 53.33 |
| Chalcopyrita | Cu = 34.51 | S = 34.87 Fe = 32.52 |
| Enarfita | Cu = 48.41 | S = 32.53 As = 19.06 |
| Bournonita | Cu = 12.99 | S = 19.75 Pb = 42.38 Sb = 24.88 |
| Blenda | Zn = 67.08 | S = 32.92 |

Ahora bien, si tenemos en cuenta la proporción en que cada uno de estos elementos entra en el mineral, se deducirá la composición siguiente.

| | | | | | | | | | |
|--------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|--|--|--|--------|
| Pirita - | S = 9.603 | Fe = 8.407 | | | | | | | = 18 % |
| Chalcopirita | S = 14.99 | Fe = 13.13 | Cu = 14.88 | | | | | | = 43 " |
| Enarfita | S = 3.90 | | Cu = 5.81 | As = 2.29 | | | | | = 12 " |
| ournonita | S = 2.36 | | Cu = 1.56 | Sb = 3 - | Pb = 5.08 | | | | = 12 |
| Blenda | S = 1.32 | | Zn = 2.68 | | | | | | = 4 |
| Silice | | | | | | | | | = 11 |

De aquí se deduce que la composición centesimal del mineral es la siguiente:

| | |
|-----------|---------|
| Cobre | 22.25 % |
| Hierro | 21.53 |
| Agufre | 32.17. |
| Arsénico | 2.29 |
| Antimonio | 3 - |
| Plomo | 5.08 |
| Zinc | 2.68 |
| Silice | 11. |
| | <hr/> |
| | 100. - |

En cuanto a la plata que el mineral contiene (0.08%) no ha sido considerada en los cálculos, desde que ella está contenida isomórficamente en algunas de las especies consideradas.

Resumiendo veamos ahora la cantidad de cada uno de estos elementos, que entra en el peso total

de mineral a tratar diariamente (53.300).

| | |
|-----------|--------------------------|
| Cobre | 11.859. ¹⁴ 22 |
| Hierro | 11.425. ¹⁴ 49 |
| Azufre | 19.811. ¹⁴ 61 |
| Arzénico | 1.220. 57. |
| Antimonio | 1.599 - |
| Plomo | 2.707. ⁶⁴ |
| Zn | 1.428. 44 |
| Silice | 5.863. |
| Plata | 42. ⁶⁴ |

Ya al principio hemos discutido el procedimiento mas conveniente para tratar este mineral y adujimos razones suficientes para decidimos por el procedimiento alemán o sea el tratamiento del mineral en hornos de cuba, previo tostado para eliminar el azufre suficiente, a fin de obtener en la fusión una mata de lei determinada.

El procedimiento consta por lo tanto de las operaciones siguientes:

- 1^a Tostado.
- 2^a Fusión para obtener una mata
- 3^a Tratamiento de esta mata para obtener Cobre y plata.

Antes de entrar a detallar estas diversas operaciones vamos a hacer el cálculo de los productos que debemos obtener.

ver a fin de fijar la cantidad de azufre a eliminar en el tostado y la de fundentes que es necesario agregar en la fusión.

Para hacer este cálculo comenzaremos por fijar la ley con que debe obtenerse la mata; en vista de la ley en cobre del mineral y del tratamiento posterior que va a sufrir. fijada esa ley es entonces posible calcular que cantidad de azufre debe eliminarse y que cantidad de fierro y otros elementos escoriificarse.

La ley en cobre con que la mata debe obtenerse no debe ser ni inferior al 30% porque entonces la operación no resultaría remunerativa, ni superior al 60 porque las pérdidas en las escorias serían considerables. Tratándose de nuestro mineral esa ley debe ser alta, desde que es alta también la ley en cobre del mineral. Además en el lugar oportuno hemos discutido el tratamiento que la mata debe sufrir y nos hemos decidido por los convertidores, cuyo tratamiento exige una ley no muy baja, para que la operación sea económica.

Estas consideraciones nos deciden a fijar como ley con que debemos obtener la mata, el 50% en cobre.

Cálculo de la mata.

Hagamos este cálculo para 100 de mineral y con el objeto de obtener una mata con 50% en cobre.

Uno de cobre necesita 0.25 de azufre para dar 1 de Cu_2S , luego 22.25 necesitarán 5.562 de azufre para

dar 27^{812} de Cu^2S . que es la forma en que entra el cobre en la mata

Del plomo contenido en el mineral recoge la mata solo un 75%, luego de 5^{08} pasan en la mata 3^{81} i como uno de plomo necesita 0.75 de azufre para formar PbS que es la forma en que el plomo entra en la mata, 3^{81} necesitarán 2^{86} de azufre para dar 6^{67} de PbS .

Del zn contenido en el mineral se recoge por la mata solo el 50%, luego de 2^{68} pasan en la mata 1^{34} que necesitan de azufre 0.67 para formar znS .

La suma de los tres sulfuros de cobre, plomo i zinc es 36^{492} , conteniendo 22^{25} de cobre. Pero antes dijimos que la lei de la mata debe ser 50%, veamos pues que cantidad de sulfuro de fierro, que es el otro elemento que entra en la mata, es necesario, a fin de que el peso de la mata sea tal, que con 22^{25} de cobre resulte con una lei de 50%. Este peso se ve que debe ser 44^{50} i como los 3 sulfuros antes dichos solo pesan 36^{492} hacen falta 8.008 que es el peso de sulfuro de fierro que debe entrar en la mata. Como uno de Fe necesita 0.57 de azufre i uno de S necesita 1.75 de fierro para formar FeS , en 8. de sulfuro habrá 5.10 de Fe i 2.90 de S .

En verdad habria que considerar las impurezas que entran en la mata, la cual no está constituida exclusivamente por los cuatro sulfuros citados i por consiguiente su lei será un poco inferior al 50%, pero como los cal-

culos que hacemos con solo groseramente aproximados bien podemos apreciar ese error.

Por consiguiente en el tratamiento diario se obtendrán 23.700 de mata con la composición siguiente:

| | | |
|--------|---------------------------------------|------------------------------------|
| Cobre | (50%, (menos pérdidas en la escoria)) | M. 469 ^x |
| Plata | (que es recofida casi íntegramente) | 40 ^x |
| Plomo | 8.3% | El As i Sb que entran en cantidad |
| Zn | 3 - | tan pequeña que no forman espejos, |
| Hierro | 11 - | hacen el mismo papel en la mata |
| Azufre | 27.7. | que el azufre. |

Si a la cantidad de azufre que la mata contiene le agregamos un 10% que se quemara en el horno de fusión, resulta como cantidad de azufre que debe quedar en el mineral 13.19 que restada de 32.17 nos da 18.98 que el azufre que debe eliminarse en el tostado

Cálculo de la escoria.

La cantidad de fierro que entra en la mata es 5.10 i como el mineral tiene 21.50 queda 16.40 que es necesario eliminar por escorificación

El fierro entra en la escoria como FeO i $FeO = \frac{8}{7} Fe$

por consiguiente la cantidad de óxido de fierro que entrará en la escoria, será $\frac{8}{7} 16.40 = 21.02$

Ahora bien un tipo de escoria que responda a las exigencias de fácil reparación de la mata, tanto por su fusibilidad como por su peso específico, debe

ni tener la siguiente composición 33% de sílice, 36 de óxido de Fe y 20% de cal. Es natural que en la práctica la escoria que se obtenga no responderá exactamente a esta fórmula y que el lecho de fusión irá modificándose hasta obtener una marcha regular y conveniente del horno. En estas cuestiones que no pueden resolverse desde el lefete, sino al pie del horno. Linenbarys vamos a calcular aproximadamente la composición del lecho de fusión.

Si cada 36 de Fe necesitan 33 de sílice para formar la escoria de la fórmula dada, el 1° necesitan 19.28 y como nuestro mineral no contiene más del 14, hay un defecto de sílice que es necesario añadir en el lecho de fusión, sílice que puede entrar en él en la forma de relaves suaves de la concentración o de escorias ricas del tratamiento de la mata en convertidores.

El combustible, para cuyo análisis podemos aceptar $Al_2O_3 = 2.60$ $CaO = 0.58$ $SiO_2 = 4\%$ (es decir para el análisis de las cenizas), entra en cantidad (muy variable que podría calcularse teniendo en cuenta el número de calorías que son necesarias para la fusión y el que desarrollan las reacciones químicas que en el horno tienen lugar, pero me parece inútil entrar en largos y complicados cálculos que se evitan en la práctica con unos cuantos ensayos. Aplicando a estos elementos la regla para obtener de ellos una escoria de composición determinada igual

a la que debe dar el mineral y considerando que el combustible entre por un 10% del mineral, resulto que sus elementos se escorifican entre si dando un exceso de sílice de 1.92.

Por consiguiente el defecto de este elemento que tenemos en nuestras escorias, defecto que hai que agregar en el lecho de fusión es, 7.80

La cal que deben contener las escorias es 20% si referido este número a 100 de mineral, resulto que en el lecho hai que agregar un 10% de cal, como caliza.

Ahora el analisis de una caliza, podemos cursi-
dearlo como el siguiente:

| | |
|--------------------------------|-------|
| Hierro | 1. |
| Sílice | 5.50 |
| Al ² O ³ | 3.50 |
| CaO | 31.58 |
| MgO | 16. - |

Aplicando a estos elementos la regla para saber la cantidad de bases disponibles en la caliza, es decir multiplicando la proporción de sílice por una constante que varia con la proporción de sílice que debe contener la escoria y que en nuestro caso es 2, y restando ese número de la suma de las bases, se tendrá que en 100 de esta caliza los elementos se escorifican entre si dejando 40 de bases disponibles. Por lo tanto una sencilla operación nos hará ver que en el lecho de fusión habrá

que agregar 27% de caliza de composición semejante a la que acabamos de dar.

En resumen pues en lecho de fusión compuesto de 100 de mineral, 10 de coke, 27 de caliza y 7⁵⁰ de sílice que ya dijimos que entraría como belaves de concentración o escorias ácidas de los convertidores, nos dará una escoria de la fórmula requerida para que por su fusibilidad y peso específico se separe bien de la mata.

Es inútil repetir que solo en la práctica es posible, después de muchos ensayos fijar la fórmula mas conveniente de las escorias, pues aun suponiendo que entraríamos en mas largos y minuciosos calculos en que consideráramos la densidad de la mata y la de los elementos que constituiran las escorias para deducir en que proporción deben entrar a fin de que la densidad de esta sea en grado determinado inferior a la de la mata, siempre podríamos estar seguros de no habernos acercado bastante a la verdad.

Vamos ahora a detallar las operaciones que constituyen el tratamiento y los aparatos que son necesarios.

Toastado.

Es imposible llevar el toastado hasta el punto que nuestros cálculos anteriores exige, por consiguiente se procura siempre tostar a un grado superior, a fin de que mezclado ese mineral tostado con cierta cantidad de crudo, la mezcla resulte con la proporción de azufre

convenientemente.

Los aparatos que usaremos para esta operacion seran los hornos mecanicos Brown, desde que disponemos de fuerza hidraulica suficiente para ese servicio.

No es necesario hacer el calculo de las dimensiones del horno, que viene construido para satisfacer las exigencias que se indique al constructor.

Las reacciones que en el tostado tienen lugar, juzgo tambien inutil expresar y solo indicaremos que de los elementos que el mineral contiene y que pueden ser perjudiciales en la marcha del horno de fusion, parte del Cu, As y Sb, se eliminan en esta operacion.

Frotamiento del mineral tostado en hornos de cuba.

Como pro- ducto del tostado hemos obtenido un conjunto de oxidos (pulfu- ros y sulfatos de cobre, plomo y zinc, arseniados antimonia- dos y sulfatos de los mismos metales, encontrandose el fierro como oxidos y sulfuro. Cargando esta mezcla en el horno de cuba con los elementos que antes hemos indicado para formar el lecho de fusion, se obtendra por medio de reac- nes que es preciso detallar una mezcla de sulfuros de cobre fierro, plomo y zinc etc que constituyen la mata y una es- cia suficientemente pobre para ser desechada.

Entre los elementos cuya accion hai que tomar en cuenta, tenemos el Cu que esta en cantidad suficiente.

mente pequeña para que su presencia no nos presen-
te, pues un 50% de él pasa en la mata y el resto
se volatiliza, pasando por consiguiente solo pequeña can-
tidad en la escoria, que es en donde su presencia es mas
perjudicial.

El arsenico i antimonio de la, que una gran parte
se ha volatilizado, forman pequeña cantidad de arsenuro
i antimonuro que pasan en la mata sin formar óxido.
En el tratamiento de la mata en los convertidores serán
eliminadas las pequeñas cantidades de Arsenico i anti-
monio que ella contiene i por lo tanto tampoco debe pres-
suponer su presencia.

La forma del horno será la corriente, es decir
rectangular, con chaqueta de agua i con capacidad
para pasar unas 60 toneladas diarias, si tenemos
en cuenta el peso de fundentes, combustible i escorias
de los convertidores cuya lei obligará a alimentarlas
junto con el mineral i polvos del flue.

Como accesorios del horno son indispensables
una máquina para aglomerar los menudos i su ven-
tilador Root n.º 3 para la inyección de aire, cuya
presión se graduará en la práctica, así como los
carros de escorias i demás útiles i accesorios.

Tratamiento de la mata.

Al salir la mata del horno será

cargada directamente en los convertidores para cuyo objeto se dispondrán estos a un nivel inferior al horno de fusión, así como la boca de carga de este, estará a nivel de la descarga de los hornos de tostado.

La instalación de convertidores estará compuesta de tres aparatos, de modo que uno de ellos esté en trabajo mientras los otros dos se reparan o secan el revestimiento que estará formado de una mezcla de arcilla y cuarcas en proporciones convenientes y con un espesor de 40 cms.

De este tratamiento se obtendrá diariamente una ~~14~~ toneladas de cobre en mineros redondo, si se tiene en cuenta que el cobre que va en las escorias, que salen con la elevada, vuelve al horno de fusión y no se pierde por lo tanto íntegramente.

Este tratamiento exige la instalación una compresora para la insuflación del aire y de las transmisiones de fuerza necesarias para los movimientos de los aparatos. Una compresora de las fabricadas por The Hand Drill Co., movida por una rueda Pelton y que puede dar una presión de 60 lbs, con un gasto de 20 HP, sería suficiente.

Fabricación del cote.

Como complemento de la instalación es necesario atender a la fabricación del cote para

la fundición, para la cual se dispone de carbón de buena calidad en la región.

Se necesitarán diariamente unas 6 toneladas de coke o sea términos medidos unas 12 de hulla. La transformación de esta hulla en coke se hará en 12 hornos con capacidad para dos toneladas cada uno y en los cuales el tratamiento dura 48 horas. La forma de los hornos será la conocida con el nombre de hornos de panadero, es decir una semi-esfera, con una abertura en la parte superior para la carga de la hulla y una lateral para la descarga del coke.

La fabricación de estos hornos es sencilla, con ladrillos fabricados expresamente para ellos, es decir con la forma apropiada para no necesitar de cimbra.

Fuerza motriz.

Disponiéndose en la región de agua abundante para la producción de fuerza motriz, no será fácil y económico el establecimiento de ruedas Pelton para los diversos servicios, ruedas cuya ventaja no es necesario enumerar.

Los servicios que exigen fuerza mecánica y para atender a los cuales, estableceremos diversas ruedas, son los siguientes:

Preparación mecánica

Chancadora, cilindros molidores, tramos

elevador, fijos y mesa

Para todo este servicio no basta con 10 HP si se tenemos en cuenta pérdidas etc, el establecimiento de una rueda de 3 pies de diámetro que produce 15 HP con 20 metros de caída, será suficiente. La transmisión se hará de un eje general a los diversos aparatos por medio de poleas y fajas.

Fundición

En la oficina de fundición se usen fuerza motriz el ventilador para el horno, la máquina de aglomerar el mineral, y los convertidores, tanto para el servicio de la compresora de aire como para el movimiento de ella, y por último el horno de tostado.

El ventilador y la compresora pueden pedirse acoplados directamente cada uno a una rueda Pelton de 2 HP para el primero (diámetro 20") y de 10 para la segunda (diámetro 3')

Una Pelton de 18" de diámetro que puede producir con 20 metros de caída 5 HP puede hacer el servicio del horno de tostado y de la máquina de ladrillos.

Para el movimiento de los convertidores podremos instalar un dinamo acoplado también directamente a una Pelton, dinamo que con 20 HP puede atender tanto al servicio de los convertidores como al de alumbrado de la oficina (diámetro de la rueda 6')

En resumen son necesarias 4 ruedas y un

caudal de agua de 230 a 250 litros por segundo con un desnivel de 20 metros.

El croquis citado al principio i que muestra la disposicion de la oficina, da idea tambien de la distribucion de la fuerza.

Presupuestos.

Costo de la instalacion.

Oficina de concentracion.

| | |
|-----------------------|-----------|
| Una chancadora | \$. 600. |
| Cilindros moledores | 1.400. |
| Mesa de concentracion | 2.000 |
| Fornos | . 200 |
| Elevador | . 300 |
| figo | . 900 |

Oficina de fundicion

| | |
|--------------------------------|--------|
| Horno Brown | 5.000 |
| Water jacket i accesorios | 20.000 |
| Una bateria de 3 convertidores | 9.000 |
| Una compresora | 5.000 |
| Ventilador Root n: 3 | 2.000 |
| Maquina para ladrillos | 1.000 |
| 12 hornos para cotta | 6.000 |
| Laboratorio de ensayos | 2.000 |

Fuerza motriz

| | |
|------------|-------|
| H. Piedras | 3.500 |
|------------|-------|

| | |
|------------------------------------|---------------|
| Motor eléctrico i accesorios | 4.500 |
| Fuilería, Trasmisiones etc | 1.500 |
| Gastos de fletes, instalación etc | 32.100 |
| Total | <u>40.100</u> |
| Construcción de oficinas casas etc | 33.000 |
| Imprevistos (10%) | 13.000 |
| Total | <u>86.100</u> |

Presupuesto diario

Personal

| | |
|--|--------------|
| Dirección Técnica, administración etc. | 350. |
| 80 operarios para los diversos servicios | 160 |
| Combustible (hulla para el tostado i para la coqueificación) | 200. |
| Gastos de coqueificación (6 ton de coke) | 120. |
| Indentes, reactivos etc etc | 140. |
| Conservación i renovación del material (10%). | 100 |
| Imprevistos (") | 100 |
| Total. | <u>1.170</u> |

A esta suma hay que agregar un 12% por interés i amortización del capital invertido, Capital que debe ser tal como para permitir hacer los gastos de instalación i atender al servicio de la oficina durante los primeros 6 meses cuando menos, ese capital ascenderá pues a unos \$350.000