

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA**

**NOTAS SOBRE MINERIA DE  
VENTA Y CIANURACION**

**1942**

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA**  
**BIBLIOTECA**

Ingreso \_\_\_\_\_  
Comprado a \_\_\_\_\_  
Dejado por \_\_\_\_\_  
Precio \_\_\_\_\_ Registrado \_\_\_\_\_



622.34

E 74 n

g. 1

# NOTAS SOBRE MINERIA DE VETA Y CIANURACION

POR JESUS ESCOVAR ALVAREZ  
ALBERTO ECHEVERRI VILLA

MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA

BOGOTÁ

000246

ASOCIACION COLOMBIANA DE MINEROS

MEDELLIN - COLOMBIA, S. A.

1 9 4 2

Librería SIGLO XX

Calle 12 No. 6-28 Telef. 01-26

BOGOTÁ - Colombia

ES PROPIEDAD  
DE LOS AUTORES

INSTITUTO COLOMBIANO  
DE VITA Y CIVILIZACIÓN



## PROLOGO

Muchos de los capítulos de este libro fueron publicados ya en la revista "MINERIA", órgano de la ASOCIACION COLOMBIANA DE MINEROS. Hoy presentamos la compilación ofrecida, con la seguridad de que esta obra será de gran utilidad para el gremio minero.

Este trabajo se debe a la colaboración espontánea de sus autores, quienes no persiguen interés personal alguno sino únicamente ilustrar más al gremio sobre la materia y despertar un mayor espíritu de investigación con miras a la formación de un personal técnico capaz.

Bien conocidos son entre el gremio minero los doctores Jesús Escobar Alvarez y Alberto Echeverri Villa. El primero es indudablemente una de las mayores autoridades del país en minería; sus grandes conocimientos técnicos están complementados con una larga práctica en la explotación y beneficio de minerales; es gran conocedor de nuestro medio minero, y ha dedicado toda su vida a las actividades de la industria. La mayoría de los capítulos de esta obra fueron escritos por él. Echeverri Villa es Secretario General de esta Asociación y uno de los ingenieros de minas mejor preparados que han salido de la Facultad en los últimos años; conoce como ninguno los proble-

mas mineros del país y ha intervenido directamente en ellos, tanto por la posición que ocupa como por la competencia con que domina la materia. El complementó y compiló este estudio, dirigiendo su publicación.

La carencia de textos escritos en español que se relacionen con el tema y que se adapten a nuestro medio, destaca aún más la importancia de este libro.

Como anexos a estas Notas sobre minería de veta y tratamiento de minerales por el sistema de cianuración, insertamos el importante y práctico estudio jurídico de los doctores Juan C. Molina R. y Eduardo Uribe Botero, intitulado "Instrucciones para adjudicar y contratar minas en Colombia". Este trabajo que también fue escrito espontáneamente para "MINERIA", es la mejor síntesis que agrupa con toda claridad y expone admirablemente las diversas disposiciones que rigen en Colombia sobre el particular.

Este libro ilustra convenientemente sobre la materia que trata con tanto acierto, y su publicación es una contribución que hace la ASOCIACION COLOMBIANA DE MINEROS en su constante afán por una mayor divulgación de esta clase de estudios.

ASOCIACION COLOMBIANA DE MINEROS



## P R E A M B U L O

*Atendiendo numerosas solicitudes, publicamos en este libro la compilación de las Notas sobre minería de veta y tratamiento de minerales de oro y plata por el sistema de cianuración. Se trata de los capítulos que veníamos escribiendo para la revista "MINERIA", órgano de la ASOCIACION COLOMBIANA DE MINEROS.*

*Nuestro propósito al presentar este trabajo es ofrecer un breve estudio sobre la materia, que consideramos de utilidad para todas aquellas personas interesadas en la industria, especialmente para nuestros mineros prácticos que no tienen un gran acopio de conocimientos.*

*Estas notas son elementales y de índole esencialmente práctica; en ellas hemos prescindido de teorías y tecnicismos, escribiendo un lenguaje sencillo, dando ejemplos y agregando ilustraciones, de tal suerte que la obra venga a llenar el vacío que se nota por la carencia de esta clase de publicaciones.*

*No son, pues, nuestras intenciones, tratar muy técnicamente sobre la minería de veta, ni mucho menos hacer un estudio cientí-*

*fico, como tampoco entrar a analizar detalladamente todos los fenómenos que ocurren en el proceso de la cianuración y su aplicación en grande escala. Este libro está escrito para nuestro medio incipiente en estas materias, con el único objeto de contribuir al desarrollo de la industria minera del país, procurando despertar cada vez más el entusiasmo por estas actividades.*

*La cianuración se ha generalizado grandemente en la minería de veta colombiana y hoy día puede asegurarse que son muy pocas las empresas que no tienen, por lo menos, una pequeña planta de cianuración para el beneficio o tratamiento de sus arenas o concentrados, pero también son muy contados los empresarios que están obteniendo el resultado apetecido, debido generalmente a la ignorancia en la aplicación del tratamiento.*

## NOTAS SOBRE MINERÍA DE VETA Y CIANURACION

---

### CAPITULO I

#### NOCIONES DE QUIMICA

Para el vulgo la Química es una ciencia misteriosa, inaccesible, tocada de brujería. Queremos con este capítulo, **Nociones de Química**, demostrar que esta ciencia, al menos en sus elementos, es asequible a todo individuo medianamente inteligente y estudioso. Esperamos que estas nociones despierten en algunos espíritus la curiosidad científica y el afán de ilustrarse y hacerse más capaces. Pocas ciencias tienen en la vida práctica un campo de aplicación tan vasto y tan inmediato. Es incomprensible cómo un individuo puede llamarse medianamente ilustrado, sin poseer nociones de química. El minero, y especialmente el cianurador, a quien llamamos aquí en Antioquia el **químico**, no pueden prescindir de estos conocimientos elementales que vamos a exponer con la mayor sencillez posible y sin pretensiones de rigor científico. Para el que se sienta animado a entrar más a fondo en este estudio, hay infinidad de textos a la disposición.

La **materia**, es decir, todos los cuerpos de la naturaleza, están compuestos o formados por partículas infinitamente pequeñas, indivisibles, invisibles aun con los más potentes microscopios: estas partículas se llaman **átomos**.

**Materia compuesta y materia simple:** Se denominan cuerpos simples o elementos químicos aquellos cuerpos de los cuales no se puede extraer sino una sola especie de materia. El oro puro, por ejemplo, sometido al análisis, sólo da oro; por lo tanto es un elemento. Contrariamente, cuerpos compuestos son aquellos de los cuales se pueden obtener, al descomponerlos, varios elementos; el agua produce, al disociarla, hidrógeno y oxígeno, dos cuerpos elementales. Los cuerpos simples conocidos hasta hoy son, aproximadamente 98, pero es

muy probable o casi seguro que con el tiempo se descubran nuevos. En cuanto a cuerpos compuestos hay una infinidad; algunos de ellos se encuentran en la naturaleza y otros son producto de los laboratorios.

**Moléculas:** Los átomos se unen entre sí para formar las moléculas. Existen moléculas simples y moléculas compuestas. Las simples están formadas por el acoplamiento de varios átomos elementales y semejantes; una molécula de plata tiene dos átomos de plata. Molécula compuesta es la más pequeña porción en que se puede dividir la materia compuesta sin perder su identidad. Si dividimos indefinidamente una masa de agua, llega el momento en que no obtendremos agua sino hidrógeno y oxígeno; llegado este punto hemos tocado a la molécula, porque ya no se obtiene agua como producto de la subdivisión, sino dos sustancias completamente distintas: hidrógeno y oxígeno. Moléculas compuestas se cuentan por millares. Las moléculas están formadas por uno o varios átomos, según la sustancia a que pertenezcan: el mercurio, por ejemplo, es monoatómico, es decir, tiene un solo átomo en su molécula; en cambio, el azufre, calentado a 550 grados es exatómico, lo que equivale a decir que tiene seis átomos en su molécula. Hay moléculas compuestas, especialmente las que forman los cuerpos orgánicos de los reinos vegetal y animal, que están formadas hasta por centenares de átomos.

**Divisiones de la materia.** Tenemos, pues, que la materia se divide en aglomerados de moléculas que se llaman **masas**, en **moléculas** y en **átomos**. Masa es, por lo tanto, una porción de materia apreciable por los sentidos: una barra de oro, una bola de billar, un vaso de agua. Ya hemos definido la molécula y el átomo. La masa se compone de moléculas y la molécula de átomos.

**Fuerza.** La materia no es inerte; está sometida a fuerzas que la activan. Estas fuerzas son: la que impulsa las masas, que se llama gravitación y es la fuerza que mueve los astros y hace que la piedra pese y caiga; la fuerza que actúa sobre las moléculas, cuando éstas son semejantes, se apellida cohesión; cuando son diferentes adhesión. Los átomos se atraen entre sí en virtud de la fuerza llamada atracción química o quimismo.

**Definición de Química.** La química es, pues, la ciencia que trata de la composición atómica de los cuerpos y de los cambios que resultan en la materia al variar la especie, el número y la posición relativa de los átomos, que constituyen las moléculas de los cuerpos. La **Química** estudia la **composición íntima** de las sustancias y las leyes que regulan o presiden a las transformaciones o modificaciones en la esencia misma de los cuerpos. La **Física** sólo se ocupa de los fenómenos exteriores. Al calentar al rojo un pedazo de hierro, por ejemplo, la



**Química** estudia el fenómeno de oxidación del metal o sea la unión de éste con el oxígeno del aire; en cambio, la **Física** sólo se ocupa de la dilatación, de la luminosidad, etc.; en una palabra, de los fenómenos exteriores.

**Ciencia.** Todo en la naturaleza ha sido hecho con peso, número y medida. Esto hace posible la ciencia física que es el conocimiento sistemático de la naturaleza. La **Química** es una ciencia física, pues se ocupa del estudio íntimo de los cuerpos. Todos los cambios y modificaciones que ocurren entre los átomos de los cuerpos están sometidos a reglas fijas, invariables y universales, llamadas leyes químicas. El hierro obtenido, por ejemplo, de un aerolito o cuerpo caído de los espacios celestes, de la hemoglobina, de la roca primitiva o de un mineral extraído en cualquier parte de la tierra, exhibe las mismas —exactamente las mismas— propiedades químicas independientes de las circunstancias de tiempo, lugar y modo.

**Cuerpos elementales o elementos químicos.** Se cuentan unos 98 y con ellos se forman los millares de sustancias compuestas que constituyen el universo; a estos elementos se les ha dado un nombre para distinguirlos. Este nombre ha sido asignado al capricho: unas veces recuerda alguna de sus propiedades más salientes. El nombre cloro viene de la palabra griega **chloros** que quiere decir verde. Con otros cuerpos se ha tenido en cuenta para bautizarlos el nombre de la patria del descubridor: Polonio, Galio, Escandio, etc., pero esto no tiene mayor importancia. Ahora bien, como se hacía muy engorroso poner el nombre completo de los cuerpos para expresar las ecuaciones químicas que son las reacciones que se efectúan entre los cuerpos, figurados en el papel, se convino que cada cuerpo simple fuera representado por un símbolo constituido por una letra o grupo de letras, generalmente derivado del nombre del cuerpo. A continuación anotamos los símbolos químicos de los principales elementos y también de los compuestos más usuales, agregando a los elementos el peso atómico y densidad respectivos:

**Peso atómico.** Es el peso relativo del átomo de un elemento, tomando el átomo de hidrógeno como unidad. Es muy importante penetrarse bien de este asunto antes de avanzar más. Cuando decimos que el peso atómico del oxígeno O es 16, no queremos expresar que el átomo de oxígeno pesa 16 gramos o 16 miligramos o 16 unidades de peso determinadas, sino que el oxígeno O, es decir su átomo, tiene una masa 16 veces mayor que la masa del átomo de hidrógeno H. El peso atómico es una relación y no una cantidad absoluta, y es invariable y constante. Los pesos atómicos de todos los elementos

conocidos han sido determinados con mucha exactitud y ellos son la base de todas las ecuaciones químicas.

Elementos	Símbolo	Peso atómico	Densidad
Aluminio	Al	26.97	2.70
Arsénico	As	74.96	5.72
Antimonio	Sb	121.76	6.618
Azufre	S	32.07	2.07
Bromo	Br	79.92	3.14
Bario	Ba	137.40	3.6
Berilio	Be	9.02	1.84
Bismuto	Bi	209.00	9.8
Boro	B	10.82	1.73
Carbono	C	12	
Calcio	Ca	40.07	1.55
Cloro	Cl	35.46	1.5071
Cobalto	Co	58.97	8.8
Cobre	Cu	63.57	8.93
Cromo	Cr	52.01	6.7
Estaño	Sn	118.70	7.28
Fósforo	P	31.04	2.33
Fluor	F	19.00	1.14
Hierro	Fe	55.84	7.86
Hidrógeno	H	1.00	0.0763
Magnesio	Mg	24.32	1.74
Manganeso	Mn	54.93	7.3
Mercurio	Hg	200.60	13.59
Molibdeno	Mo	95.95	10.2
Níquel	Ni	58.68	8.8
Nitrógeno	N	14.00	
Oro	Au	197.20	19.3
Oxígeno	O	16.00	1.42
Plata	Ag	107.88	10.50
Platino	Pt	195.20	21.4
Plomo	Pb	207.20	11.34
Potasio	K	39.10	0.86
Radio	Ra	226.00	
Silicio	Si	28.06	2.34
Sodio	Na	23.00	0.97
Teluro	Te	127.61	6.20
Yodo	I	126.92	4.94
Zinc	Zn	65.37	7.1

Acidos	Símbolo
Acido clorhídrico	HCl
Acido sulfúrico	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Acido nítrico	HNO <sub>3</sub>
Acido cianhídrico (Prúsico)	HCN
Acido fluorhídrico	H <sub>2</sub> F <sub>2</sub>
Acido yodhídrico	HI

Compuestos	Símbolo
Amoniaco .....	NH <sub>3</sub>
Agua .....	H <sub>2</sub> O
Cal viva .....	CaO
Cal apagada o comercial .....	Ca(OH) <sub>2</sub>
Carbonato de sodio .....	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Carbonato de potasio .....	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Cianuro de sodio .....	NaCN
Cianuro de potasio .....	KCN
Nitrato de plata .....	AgNO <sub>3</sub>
Nitrato de potasio .....	KNO <sub>3</sub>
Potasa cáustica .....	KOH
Soda cáustica .....	NaOH
Sulfato de hierro .....	FeSO <sub>4</sub>
Yoduro de potasio .....	KI
Peróxido de hidrógeno (agua oxigenada) .....	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>

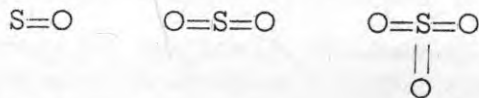
**Peso molecular.** Es la suma de los pesos relativos de los átomos que forman la molécula. Ejemplo: el peso molecular del agua H<sub>2</sub>O es 18, constituido por el peso de dos átomos de hidrógeno que como es la unidad de comparación para fijar los pesos atómicos, es lógicamente 2 y el peso relativo de un átomo de oxígeno 16.

**Compuestos químicos.** Ya dijimos que los átomos se atraen en virtud de la fuerza química o quimismo. Al unirse bajo la acción de esta actividad, forman las moléculas que pueden ser simples o compuestas: simples cuando los átomos son semejantes y compuestas cuando aquéllos son diferentes. El compuesto químico se hace siempre en proporciones de peso determinadas y constantes y no pueden separarse sus elementos por medios físicos. En cambio, la mezcla se hace en proporciones variables y sus componentes pueden aislarse por medios físicos. Ejemplo: la pólvora negra, que es una mezcla de carbón, azufre y nitrato de potasio, puede separarse en sus elementos disolviendo el nitro en agua y el azufre en sulfuro de carbono y dejando el carbón aparte. En cambio, la sal de cocina o sea el cloruro de sodio NaCl, no se puede descomponer en sus elementos cloro y sodio por disolución en agua sino por medios químicos. Esto porque la pólvora negra no tiene sus componentes en proporciones rigurosamente exactas; hay cierta elasticidad en la cantidad de los componentes que la forman. El cloruro de sodio sí tiene proporciones precisas entre sus dos componentes, cloro y sodio. De suerte que está mal dicho una **molécula de pólvora**. Podrá decirse una molécula de

azufre o de carbón o de nitrato de potasio, pero no de una sustancia que es una mezcla, como la pólvora, por ejemplo.

**Atomicidad y valencia.** Con mucha frecuencia se confunden estos dos términos. Atomicidad, ya lo dijimos, es el número de átomos en la molécula. Hay cuerpos monoatómicos, diatómicos, triatómicos, tetraatómicos, etc., con uno, dos, tres y cuatro átomos en la molécula.

Valencia es el poder de combinación o quimismo de los átomos medido en unidades de hidrógeno que es la unidad de quimismo. Los elementos se dividen, en cuanto a valencia, en artiadas y perisadas: los primeros tienen valencia par, los perisadas impar. Por regla general, pero no sin excepciones, un elemento es siempre artiada en todas sus combinaciones, y el perisada exhibe siempre valencia impar en todos sus compuestos. Un mismo elemento puede presentarse con varias valencias, pero casi siempre pares o impares todas ellas, según que sea artiada o perisada en varios compuestos. Ejemplo: el azufre, en el óxido hiposulfuroso, es bivalente, tiene dos valencias; en el óxido sulfuroso es tetravalente, cuatro valencias; en el óxido sulfúrico es exavalente, seis valencias. En las fórmulas gráficas se usa, para expresar la valencia, añadir al símbolo del cuerpo una pequeña raya por cada valencia. Las fórmulas gráficas de los compuestos oxigenados en ejemplo anterior son:



Una valencia de un elemento se satisface con una valencia de otro elemento cualquiera.

El número de átomos en la molécula o atomicidad, se indica con números pequeños colocados a la derecha y un poco abajo del símbolo. Ejemplo:  $\text{H}_2\text{O}$ . Esto quiere decir que dos átomos de hidrógeno se combinan con un átomo de oxígeno para formar agua. La valencia no siempre se indica pero se hace evidente al observar que dos átomos de hidrógeno, monovalente, se saturan con un átomo de oxígeno bivalente:  $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ .

Hacemos notar aquí que ciertos cuerpos simples, a pesar de que obedecen siempre a sus valencias en sus respectivos compuestos, no se combinan con facilidad, al menos por métodos directos. El nitrógeno que abunda en el aire y que al combinarse con el hidrógeno forma amoníaco  $\text{NH}_3$ , sustancia muy útil en las industrias, no llega a formar dicha combinación sino mediante la acción de la electricidad y de temperatura y presión muy elevadas. En cambio, el hidrógeno



y el oxígeno se combinan de muy buen grado y con poco estímulo, para formar agua.

**Proporciones múltiples.** Vemos, pues, que los compuestos químicos son uniones o yuxtaposiciones de átomos atraídos por el quimismo; que los átomos son las unidades o elementos últimos, indivisibles, que forman las moléculas; que los átomos entran y salen de las moléculas conservando su individualidad, su masa y su volumen. No se funden o compenentran con otros átomos, sino que se yuxtaponen, se aproximan. Todo átomo tiene su masa fija, invariable, definida. De lo dicho se deduce que las combinaciones químicas deben hacerse en proporción a los pesos atómicos de los elementos que entran en ellas.

Para aclarar este punto, que es muy importante, vamos a poner un ejemplo, que si demasiado sencillo y elemental, tiene el mérito de permitirnos ver claro en lo que vamos exponiendo. Supongamos que tenemos pequeñas esferas o bolas, todas del mismo volumen, pero de sustancias diversas: cristal, loza, madera, hierro y cobre. Los pesos de estas bolas serán distintos, de una clase a otra, pero iguales para cada especie. Ahora no vamos a pesar las esferas en gramos o en castellanos, sino simplemente a comparar sus pesos, una clase con otra, y encontramos primero que sus pesos relativos están en este orden descendente: cobre, hierro, loza, cristal y madera. Avancemos más en nuestra suposición: que una bola de cobre se equilibra en la balanza con 5 esferas de madera, una de hierro con 4; una de loza con 3; y una de cristal con 2. Asimilando nuestras esferas a los átomos, podemos decir que el peso atómico de la madera, nuestra materia más liviana, es 1; el del cobre 5; el del hierro 4; el de la loza 3 y el del cristal 2. Con nuestras esferas podemos hacer combinaciones o grupos muy diversos: variados en cuanto a número de elementos o unidades, según el número de esferas que se tomen; variados en cuanto a la calidad de las bolas que se utilicen para formar las combinaciones, y variados, en fin, en cuanto a la forma en que se agrupen las esferas. Cosa semejante ocurre en las combinaciones químicas. Pero no perdamos el hilo del asunto más importante que vamos a aclarar. Es evidente que la menor cantidad que podemos tomar de cada uno de los grupos es una esfera, porque si la rompemos pierde su identidad —deja de ser esfera—. Esta unidad es el átomo, con su peso relativo o peso atómico bien definido, igual para todas las esferas de la misma especie, e invariable. Si formamos cuatro grupos de una bola de madera con 1, 2, 3 y 4 esferas de cobre, encontramos que los pesos relativos de bolas de cobre que se agrupan con una esfera de madera son: 5, 10, 15 y 20. De ninguna

manera, podemos, conservando nuestras esferas intactas, salirnos de esta proporción múltiple. Cosa idéntica sucede en las combinaciones químicas y esta es la ley que se llama de las **proporciones múltiples**. De este ejemplo podemos deducir otra ley que se llama de las **proporciones definidas**; se enuncia así: dos cuerpos que se combinan para formar un mismo compuesto, se unen siempre en proporciones invariables. Si construimos con nuestras esferas el grupo bola de madera con tres bolas de hierro, la proporción será siempre de 1 a 12.

**Metales y metaloides.** En química todas las sustancias se dividen en dos grupos, basándose en las propiedades químicas y físicas de los cuerpos. Metaloides son los cuerpos generalmente desprovistos de brillo metálico, malos conductores del calor y de la electricidad y cuyos compuestos con el oxígeno son neutros. Los metales, por el contrario, conducen bien la electricidad y el calor y están provistos de brillo metálico y se combinan con los ácidos para formar sales. Esta clasificación es más o menos arbitraria, pues tiene muchas excepciones.

**Química orgánica e inorgánica.** Esta división de la química es también arbitraria. Se llama química inorgánica o mineral la de los compuestos minerales; y orgánica, la química que estudia los compuestos organizados de los reinos vegetal y animal. También se dice que la química orgánica es el estudio de los compuestos del carbono, pues este elemento químico se encuentra en casi todos los compuestos organizados.

**Análisis y síntesis.** Analizar un compuesto químico, es aislar sus elementos. La síntesis, por el contrario, combina los elementos químicos para formar los compuestos, artificialmente. Los productos sintéticos son el resultado de la actividad de los laboratorios de química. El caucho natural, por ejemplo, es el producto de la actividad vital del árbol del caucho, pero en los laboratorios se ha logrado, combinando ciertas sustancias, producir un cuerpo con propiedades químicas y físicas muy semejantes a las del caucho natural.

**Nomenclatura química.** Es el conjunto de reglas para nombrar los compuestos químicos. En este punto no entraremos en mucho detalle porque nos alargaríamos demasiado.

Primero, las moléculas están divididas en binarias y ternarias. Moléculas binarias son aquellas cuyos átomos están unidos directamente entre sí, y moléculas ternarias son aquellas cuyos átomos disimilares están unidos por un tercer átomo, distinto a los demás.

**Nomenclatura de los compuestos binarios.** Los compuestos de los elementos químicos con el oxígeno se llaman óxidos. Ejemplos:  $\text{CaO}$ , óxido de calcio;  $\text{CuO}$ , óxido de cobre;  $\text{FeO}$ , óxido de hierro. Cuando el mismo cuerpo tiene varios grados de oxidación, es decir, se combina el metal con varias valencias, el compuesto con la menor valencia se nombra enunciando primero la palabra óxido y luego el nombre del metal, a veces ligeramente modificado, y añadiendo la terminación **oso** para el menor grado de oxidación, e **ico** para el mayor. Ejemplo:  $\text{Cu}_2\text{O}$ , óxido cuproso. En este compuesto el cobre entra con valencia I y se necesitan dos átomos para saturar un átomo de O que es bivalente.  $\text{CuO}$ , se llama óxido cúprico, ya que el metal es bivalente y por eso un átomo satura otro de oxígeno. La misma regla es aplicable a los compuestos de los metales con otros metaloides, así:  $\text{CuCl}$ , cloruro cuproso;  $\text{CuCl}_2$ , cloruro cúprico;  $\text{HgCl}$ , cloruro mercuroso;  $\text{HgCl}_2$ , cloruro mercúrico, etc. En todo caso si no se está bien seguro del nombre exacto que se debe aplicar al compuesto binario, no hay error en llamar óxido a cualquiera de los cuerpos  $\text{CuO}$  y  $\text{Cu}_2\text{O}$ ; lo mismo ocurre con los compuestos de mercurio y de cloro ya citados: ambos son cloruros de mercurio, sencillamente. Hay refinamientos en la nomenclatura química, como en este caso por ejemplo: el compuesto binario  $\text{HgCl}_2$  puede llamarse cloruro de mercurio, cloruro mercúrico y bicloruro de mercurio. Todos los nombres son correctos, pero el último, bicloruro de mercurio, es más explícito, porque con la sola enunciación del nombre, ya se sabe cómo se escribe la fórmula: bicloruro, dos átomos de cloro por uno de metal.

Hay una excepción a esta regla general y es cuando se trata de nombrar ciertos compuestos binarios que son ácidos, tales como las combinaciones de los halógenos con el hidrógeno. Los cuerpos  $\text{HCl}$ ,  $\text{HI}$ ,  $\text{HBr}$  y  $\text{HfI}$ , en rigor se pueden nombrar cloruro, yoduro, bromuro y fluoruro de hidrógeno, pero los nombres usuales son ácido clorhídrico, yodhídrico, bromhídrico y fluorhídrico, respectivamente. Lo mismo ocurre con la sustancia  $\text{H}_2\text{S}$ , es un sulfuro de hidrógeno, pero el nombre consagrado es ácido sulfhídrico o hidrógeno sulfurado.

Para avanzar más y entrar en la nomenclatura de las moléculas ternarias, es preciso hacer una digresión y dar una idea de cómo están constituidas estas moléculas y cuál es su papel en química. Los cuerpos ternarios se clasifican en ácidos, bases y sales. Una molécula ácida es aquella que está formada por uno o varios átomos negativos (metaloides) unidos por oxígeno a hidrógeno. La fórmula general es:  $\text{R-O-H}$ ; la letra R representa un metaloide. Los ácidos se reconocen por la propiedad que tienen de enrojecer la tintura de tornasol. Las bases son las moléculas formadas por uno o más átomos

positivos (metales) unidos por oxígeno a hidrógeno. La fórmula general es: S-O-H; la letra S representa un metal. En fin, una molécula salina es aquella que está formada por un átomo o grupo de átomos positivos unidos por oxígeno a un átomo o grupo de átomos negativos. Fórmula general R-O-S. Las bases tornan azul la tintura de tornasol enrojecida por los ácidos, las sales no la modifican.

Ejemplos de ácidos:  $H_2SO_4$ ;  $HNO_3$ ;  $H_3PO_4$ . Ejemplos de bases:  $NaOH$ ;  $KOH$ . Ejemplos de sales:  $Na_2SO_4$ ;  $KNO_3$ ;  $CaSO_4$ .

El elemento H en los ácidos se llama hidrógeno básico y viene a ser reemplazado por un metal —el metal de la base— al formarse la sal, con eliminación del hidrógeno. Con razón los químicos creen que el hidrógeno es un metal al estado de vapor. En todo caso, el papel de este elemento, en la constitución de las moléculas ternarias, es evidentemente el papel de metal. Cede su puesto al formarse la sal, a un metal, como puede verse en esta reacción:  $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$ . Los ácidos se llaman mono, di, tri o tetra básicos, según que tengan uno, dos, tres o cuatro átomos de H básico. El H en las bases se llama hidrógeno ácido y lo dicho para los ácidos puede aplicarse a las sales. Un ácido puede, en rigor, llamarse una sal de hidrógeno. No hay error en apellidar el ácido sulfúrico  $H_2SO_4$ , sulfato de hidrógeno y al ácido nítrico,  $HNO_3$ , nitrato de hidrógeno.

Vamos ahora a la nomenclatura de los compuestos ternarios. Para nombrar los ácidos se enuncia primero la palabra ácido y se añade luego el nombre del metaloide con la terminación **ico** u **oso**. Así: ácido sulfúrico, ácido sulfuroso. Acido fosfórico, ácido fosforoso. Cuando el metaloide tiene muchas valencias y pueden formarse más de dos ácidos, entonces se utiliza el prefijo **hipo**, para el ácido de menor basidez —ácido hiposulfuroso, por ejemplo— y la partícula **per** para el de mayor valencia o basidez; ácido perclórico. Para las bases rigen las mismas reglas, sólo que en vez de ácido se dice base: así la base  $KOH$  se llama hidrato de potasio o base potásica;  $Zn(OH)_2$ , hidrato de zinc o base zínquica, etc. Para las sales se enuncia primero el nombre del metaloide terminado con la partícula **ato** o **ito**, según la valencia; luego viene la proposición **de** y se termina con el nombre del metal. Ejemplo:  $ZnSO_4$ , sulfato de zinc.  $KNO_3$ , nitrato de potasio.  $FeSO_4$ , sulfato de hierro.  $K_2SO_3$ , sulfito de potasio, etc.

No vamos más adelante en la nomenclatura química, porque la índole de este estudio no lo permite, pero con lo explicado basta para nombrar los compuestos químicos más usuales.

**Familias químicas.** Se ha observado que ciertos grupos de elementos químicos poseen algunas características muy semejantes, lo cual permite clasificarlos en familias. Esto tiene su ventaja que es fa-



cilitar la retención en la memoria de las propiedades de los cuerpos y sus compuestos, pues conociendo las propiedades de un miembro de la familia se conocen, más o menos, las de todo el grupo. Ejemplo: la familia de los halógenos, fluor, cloro, bromo, yodo, forma con el hidrógeno ácidos monobásicos; todas las sales de estos metaloides, con los metales alcalinos, son solubles; todas son perisadas; casi todas las sales de los halógenos con los metales del grupo de los alcalinoterrosos son solubles en agua. La familia de los metales alcalinoterrosos, calcio, estroncio y bario, es bivalente y sus sulfatos, lo mismo que sus carbonatos, son insolubles en el agua; sus hidratos poco solubles.

**Radicales.** Además de los grupos atómicos considerados hasta ahora, llamados moléculas saturadas porque todas las valencias de sus átomos componentes están satisfechas, existen algunos grupos de átomos llamados **radicales compuestos** que entran y salen de las moléculas como si fueran átomos libres. Su valencia es igual a la diferencia de valencia de sus átomos constitutivos. Ejemplos: OH, hidroxilo; PO, fosforilo; CH<sub>3</sub>, metilo; CN, cianógeno.

Terminamos este capítulo "Nociones de Química" recomendando, especialmente al cianurador, que lo estudie con cuidado y atención. Con estas nociones quedará capacitado para entender el porqué de muchos fenómenos que se presentan en el tratamiento de los minerales auríferos por el cianuro, y comprenderá mejor la parte química del procedimiento, o sea el capítulo "**Química de la cianuración**", que trataremos más adelante.

#### ELEMENTOS DE GEOLOGIA Y MINERALOGIA

Algunos piensan que ilustrar al minero práctico en achaques de geología y mineralogía es tarea inútil y aun perjudicial. No estamos acordes con esta opinión pesimista, con tal de que las cosas no se lleven al extremo, y siempre que no se pretenda llenarle la cabeza de teorías absurdas, desprovistas de todo sentido práctico, que transformen al minero en pedante.

Nadie discutirá la conveniencia de que el minero sepa distinguir los minerales que generalmente acompañan al oro en los yacimientos; que sepa darle los nombres apropiados, reemplazando la nomenclatura si se quiere pintoresca, pero caprichosa, regional y bárbara, por la nomenclatura corriente y usual. Tampoco está por demás que conozca los nombres genéricos de las rocas y minerales más comunes; que sepa qué es una falla y, en caso de presentarse en la veta

que explota, pueda buscar sin muchas vacilaciones la continuación del filón perdido, etc., etc.

En vista de estas consideraciones anotamos a continuación algunas nociones sobre las características de los principales minerales que acompañan al oro, rocas, gangas, etc., dando igualmente algunas reglas generales sobre fallas.

El aspecto, la cristalización, el color de la raya en la pizarra, la dureza y la densidad son los medios más sencillos de que se sirve el geólogo en el campo para distinguir los minerales o rocas.

La escala de dureza de Mohs es la siguiente:

1—Talco	6—Feldespató
2—Yeso	7—Cuarzo
3—Espato calizo	8—Topacio
4—Espato fluor	9—Corindón
5—Apatita	10—Diamante

**Minerales.** Los minerales más usuales y con los cuales va asociado el oro en las vetas son: la pirita o sulfuro de hierro  $\text{FeS}_2$ , la galena o sulfuro de plomo  $\text{PbS}$ ; la blenda que es un sulfuro de zinc  $\text{ZnS}$ ; y la calcopirita que es un sulfuro de hierro y cobre  $\text{CuFeS}_2$ .

**Pirita de hierro.** Pirita es un nombre genérico que se aplica con mucha frecuencia a los sulfuros de hierro, cobre, zinc y plomo. Pero cuando se habla de pirita, se entiende por lo regular que se trata de la pirita de hierro, cuyo símbolo es  $\text{FeS}_2$ . Esta la conoce el minero con los nombres de jaqua, machoñga, talco, oropel, etc. La pirita de hierro es un buen aliado del oro y casi no hay filón aurífero que esté completamente desprovisto de esta sustancia. Conviene por lo tanto ensayar por fundición todo cuerpo importante de piritas que encuentre. No debe fiarse exclusivamente de la batea, pues a veces el oro en las piritas de hierro está en forma tal que no aparece en ella. A falta de ensaye por fundición cateará un lote de media libra, si es posible, después de quemarlo en una lata o callana y de triturarlo finamente.]

La pirita de hierro contiene algunas veces pequeñas cantidades de níquel, cobalto y cobre. Su cristalización más común es el cubo (dado), aun cuando se presenta a veces en forma masiva, granular, etc. Tiene lustre metálico, su densidad es aproximadamente 5 y su dureza 6.

La pirita se emplea en la industria, principalmente para obtención del ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$  y la preparación del sulfato de hierro (caparrosa).

Las piritas de hierro son casi tan duras como el cuarzo, más frágiles y de una densidad casi doble. Los cristales muy voluminosos son generalmente pobres, aunque no siempre. El color de la pirita es variable: amarillo pálido, blanco de estaño (las de este color contienen casi siempre arsénico y son ricas), irisadas, etc. Alguna especie de pirita llamada pirita blanca, por su color pálido, es poco estable y se modifica con facilidad. Se comprueba este fenómeno porque se cubre de una capa pulverulenta, parecida a la que se ve en los ladrillos salitrosos. El sabor de la eflorescencia es amargo marroso; una cáscara fresca de roble, guayabo o encenillo, húmeda, puesta en contacto con ese polvo, se colora en negro. Esta oxidabilidad de algunas piritas da la clave del fenómeno que maravilla a muchos mineros, que tratan una y otra vez un lote de jagua; después de dejarla al sol y al agua por algún tiempo, entre beneficio y beneficio, la pirita se oxida, se disgrega íntimamente y deja libre el oro que tenía amarrado.

Es muy importante que el minero que tenga su planta de cianuración, se preocupe por observar si en sus minerales se presentan en cantidad considerable estas piritas blancas oxidables. Si las hubiere, no debe demorar el tratamiento de las arenas producidas por los molinos, pues si las acumula por mucho tiempo, se le oxidarán indefectiblemente, y en muchos casos con intensidad tal que se vuelven completamente inútiles para el tratamiento por cianuro.

Las piritas que se presentan de grano fino, menudo, son más prometedoras en cuanto a riqueza que las macizas en bloques compactos.

En los afloramientos o cogollos de muchos filones se encuentran cavernas más o menos grandes en el mineral —cocas, hervidos, comejenados del minero—. Estos vacíos se originaron probablemente por la oxidación y emigración de las piritas de hierro que los llenaban. La prueba es que con frecuencia se ven en las paredes del interior de los tales hervidos, cavidades correspondientes a los cubos o dados de las piritas.

Todo minero práctico sabe por experiencia que los cogollos de las vetas son más productivos que las partes profundas de la formación. La razón, que no es tan clara para ellos, es ésta: Las piritas y otros minerales cogolleros, expuestos a la acción del aire, la lluvia, el sol, se oxidan por años —el mismo trabajo del minero con sus jaguas, pero en grande escala— y aflojan el oro que estaba amarrado en las piritas. Por la misma razón se nota que el oro cogollero es de mejor ley que el metal de las partes profundas de la veta. La acción de oxidación es a veces tan intensa y especial, que logra aun

disolver y eliminar parte de la plata que, aleada al oro, lo rebaja. Todo esto, unido a que los minerales cogolleros son más blandos para triturar, más fáciles de extraer y de mayor contenido en oro libre, hace decir a muchos mineros que los afloramientos de las vetas son siempre más ricos. Esto, por regla general, es verdad, pero no hay que tomarlo como regla absoluta.

Las piritas de hierro se modifican a veces por oxidación, dejando un residuo con la misma forma de la pirita original. Los granos oscuros, casi negros, llamados por los mineros remache o congo, están constituidos por óxido y carbonato de hierro, provenientes de la pirita. El carmín es un óxido de hierro hidratado que tiene el mismo origen, pero no conserva la forma cristalina primitiva.

**Galena.** La galena o sulfuro de plomo  $PbS$ , se suele denominar también con el nombre de mole, alcogol, azul, plomo de los mineros, etc. Su densidad es de 7.5 y su dureza 2.6; su cristalización más común es en forma de cubo y su raya en la pizarra es de color gris.

Esta sustancia aparece con frecuencia en los minerales de oro, aunque en menor cantidad que las piritas de hierro. La galena es más bien un aliado de la plata; es quebradiza y da olor picante de azufre quemado, al calcinarla, calentando fuertemente.

Tratado al fuego del soplete un cristal de galena con bicarbonato de soda, en un hueco hecho en un pedazo de carbón de leña, se obtiene una granalla metálica, blanda, que se deja aplastar fácilmente con el martillo: es plomo metálico.

Los moles y recortes azules que restan al cortar el oro, están compuestos casi en su totalidad por galena, y suelen ser muy ricos.

Es una mala práctica moler y remoler estos recortes con el fin de sacarles algo de oro libre. Sólo se consigue así botar valores en el polvo finísimo que resulta al triturar insistentemente y por esto es preferible acumularlos y hacerlos fundir. De este modo se obtiene casi la totalidad de los valores, ya que el plomo que se produce al efectuar la reducción de la galena en el horno tiene la propiedad de alearse con el oro y la plata, en forma parecida a la acción del mercurio sobre aquellos metales. Como por una parte la galena no se presenta en cantidades exageradas, y por otra, es inofensiva para el cianuro, la presencia de esta sustancia no debe preocupar al cianurador.

**Blenda.** La blenda es un sulfuro de zinc,  $ZnS$ , más liviano que la galena y su color es más oscuro. Al rayarla con la punta de la navaja da un color chocolate que no es indicio de enriquecimiento especial en el mineral. Su cristalización más común es en forma de tetraedro; su dureza es de 3.5 y su densidad 4. Generalmente no se



acumula en los recortes debido a su peso específico relativamente bajo. Tampoco molesta en la cianuración, salvo caso que sea de un tipo de blenda muy oxidable, que es poco común. Esta sí produce un alto consumo de cianuro, a no ser que se dé al mineral un lavaje muy prolongado con agua, antes de aplicar las soluciones. Creemos que el minero no le tiene nombre especial a la blenda.

**Calcopirita.** La **calcopirita** o **pirita de cobre** es un sulfuro de hierro y cobre,  $\text{CuFeS}_2$ . Su cristalización es muy variada; su densidad es de 4.2 y su dureza de 3.5.

Por su color se parece al oro y engaña fácilmente a los inexpertos, siendo común en algunos filones auríferos. Se distingue del metal noble por su menor densidad y sobre todo porque al golpearla se vuelve polvo y el oro se aplasta y se reduce a lámina. Los minerales ricos en calcopirita es casi seguro que no se pueden cianurar económicamente, por el elevado consumo de cianuro y por las dificultades para la precipitación en las cajas de zinc.

En los cogollos de las minas ricas en piritas de cobre y en los trabajos viejos de esas minas, se observa que el agua que filtra de las galerías tiene un color azulado producido por el sulfato de cobre originado por la oxidación de la calcopirita y otros compuestos de cobre. Estas aguas cupríferas corroen las herramientas y son malísimas para la cianuración. No vale añadirles cal si no se las decanta cuidadosamente antes de usarlas. El sedimento de hidrato de cobre que se produce con la cal, se disuelve con facilidad en el cianuro pero ofrece muchos inconvenientes.

El minero que posee una mina de oro rica en calcopirita, debe estudiar con mucha prudencia sus arenas antes de emprender montaje de planta de cianuración, ya que en tales condiciones es muy fácil un fracaso.

A continuación trataremos sobre las gangas más comunes en las vetas de oro y plata, para referirnos luego brevemente a otros minerales y rocas de importancia.

**Gangas.** Las vetas están constituidas por una masa de material que predomina en la formación (cuarzo, piedra de cal, barro, etc.) llamado ganga, que sirve de asiento a los metales y minerales. En la mayor parte de los filones predomina la ganga; en algunos, al menos por zonas, los minerales. Las gangas más comunes en los filones de oro son: cuarzo, feldespato, calcáreo y caolín.

El **cuarzo**, conocido por los mineros con los nombres de **guarzo**, **piedra de chispa**, **piedra de candela**, **cristal de roca**, **diente de perro**, etc., presenta varias formas, texturas y colores. Cuando está sin cristalizar no tiene forma alguna definida; en cambio, los cristales re-

visten siempre la forma de agujas o columnas de seis caras coronadas por puntas de seis facetas. Esta forma peculiar y constante —forma cristalina— lo caracteriza y hace posible identificarlo fácilmente. El cuarzo cristalizado es generalmente pobre en oro.

La textura del cuarzo es muy variable: granuloso como azúcar; liso y compacto como el vidrio; opaco, traslúcido, semitraslúcido, etc. Su densidad es 2.65, dureza 7 y fórmula  $\text{SiO}_2$ .

En cuanto a la coloración, varía muchísimo: incoloro como en el cristal de roca, blanco mate, blanco vítreo, amatista, ocre, ahumado, etc.

La principal característica del cuarzo, aparte de su composición química y forma cristalina, es su dureza. No se deja rayar por el acero templado y éste deja huella metálica sobre la superficie atacada. Por razón de dicha dureza, saca chispas con el eslabón al golpearlo; es relativamente liviano, frágil y no lo afecta el fuego de la fragua. Es posible confundirlo con el feldespato que es casi tan duro como él, pero aquél no da chispas con el eslabón, no cristaliza en agujas hexagonales y se funde en los bordes al fuego caldeado de la fragua.

El cuarzo es la ganga casi universal del oro y es muy raro encontrar un filón de ese metal que no lo contenga, asociado generalmente con sulfuros que constituyen el mineral propiamente.

El **feldespato** es la sustancia que da origen a las arcillas, barros o gredas, al descomponerse. En los filones existe en un estado primitivo, o más o menos modificado por los agentes atmosféricos y otros. Las arcillas o barros que se presentan contra los respaldos de los filones son llamados por los mineros con los nombres de "alpargate" o "urgue". Su nombre técnico es **salbanda**, que viene a ser la zona arcillosa comprendida entre el filón, propiamente dicho, y la roca encajante.

El **calcáreo** o piedra de cal del minero, es una ganga que ocurre con relativa poca frecuencia, al menos en los filones auríferos. Para identificar este cuerpo basta tocarlo con un ácido, como vinagre fuerte, ácido nítrico, clorhídrico, sulfúrico, etc., y se ve al momento la efervescencia con desprendimiento de burbujas.

La piedra de cal, si se expone por un rato al fuego, se disgrega; luégo, al mojarla, se reduce a polvo.

En cierto tipo de filones, aquellos que se originaron en una grieta o abertura estrecha en la roca, grieta que sirvió de camino o escape a aguas o vapores calientes o químicamente activos, la peña, a uno y otro lado de la abertura, se altera profundamente, perdiendo algunos de sus elementos constitutivos, siendo reemplazados por minerales o metales. En esa clase de vetas, decimos, es muy difícil iden-



tificar la ganga, ya que está compuesta generalmente por una mezcla de feldespato más o menos descompuesto y cuarzo en fragmentos pequeños: es el esqueleto de la roca primitiva. Por otra parte, la transición a roca es casi inapreciable y no se puede decir dónde deja de ser mineral para ser peña, a no ser por el tenor en metales preciosos.

**Sulfuro de antimonio.** El sulfuro de antimonio o **estibina**  $Sb_2S_3$ , es el mineral que denominan los prácticos con el nombre de pelo de ratón. Su dureza es 2 y su densidad 4.5. Se presenta esta sustancia en forma de agujas muy menudas, alojadas por lo regular en grietas o cavernas en el mineral. Es un cuerpo muy frágil y se reduce a polvo muy fino en el molino. Como tiene untuosidad como la grasa, se acumula en los lodos. Pinta las manos como la mina de los lápices. Por fortuna cuando no abunda en los minerales se elimina casi totalmente con los lodos.

Este compuesto es muy nocivo en cianuración: cede al álcali del cianuro el azufre que contiene y forma un sulfuro alcalino que se combina con el oxígeno de la solución y precipita, por otra parte, el oro y la plata ya disueltos. Al cianurar minerales ya cargados de sulfuro de antimonio se debe reducir la alcalinidad protectora al mínimo y aun probar cianurar sin cal.

**Mica.** La mica no es un mineral aurífero propiamente hablando; es uno de los constituyentes especiales de algunas rocas y entra accidentalmente en el proceso de beneficio de muchos minerales.

El minero aplica este nombre a varios compuestos que no tienen afinidad mineralógica entre sí. La mica verdadera es generalmente incolora, ligeramente amarillenta, foliada o sea compuesta de hojas delgadas superpuestas, a semejanza de un libro; transparente, flexible, incombustible y se deja rayar fácilmente con la navaja. En algunas rocas, el granito por ejemplo, la mica, que es uno de sus elementos característicos, aparece ordinariamente de color negro; en este caso su nombre científico es biotita.

Existe una gran variedad de micas, de acuerdo con los compuestos que la forman. Las más comunes son: **biotita, muscovita, lepidolita, flogopita**, etc.

La mica blanca ocurre a veces en masas considerables y en forma de filón, como resultado de la segregación de la roca encajante. Cuando las láminas son regulares, limpias de materias minerales, de gran superficie y cuando además llenan otros requisitos especiales, tienen valor comercial. Se las emplea para la construcción de aparatos eléctricos. Los nombres vulgares de la mica son: **Juan blanco, espejuelo y talco**.

En algunos filones existe un compuesto pesado, granuloso, de color amarillo de oro; es la famosa mica de los mineros, que ha dado origen al adagio: "mina con mucho oro resulta mica". En realidad, el famoso compuesto engaña a veces a los más expertos y ha dado lugar a muchas mistificaciones. No es difícil distinguirlo del metal noble, pues no presenta jamás la forma de láminas o hilos. Al frotarlo vigorosamente en la batea se pulveriza, lo mismo que al golpearlo. El nombre científico de este mineral es **Molibdato de plomo**. No debe descartarse como absolutamente pobre y conviene hacerlo ensayar, porque debido a su gran densidad se mezcla con el oro, del cual es difícil separarlo mecánicamente.

Como al explotar los filones es imposible evitar que se lleve a los molinos algo de roca mezclada a mineral, y como algunas rocas contienen mica en abundancia, esta sustancia viene a formar parte de las arenas. No hay que preocuparse de ello, pues este cuerpo es absolutamente inerte y no estorba en el tratamiento por cianuro.

**Arsenopirita.** Este compuesto es ordinariamente muy rico en oro y se conoce también con los nombres de piritita arsenical o mispikel  $\text{FeAsS}$ . Se presenta en masas de un color más pálido que el de la piritita de hierro. Su dureza es de 5.5 y su densidad 6; da chispas con el eslabón y al mismo tiempo emite un olor característico de ajo.

Es fácil distinguirla de las pirititas ordinarias por su color más pálido, semejante al de estaño y además por su olor característico al golpearla o frotarla. Los minerales ricos en piritita arsenical se consideran como **refractarios**, pues son muy difíciles de cianurar.

Son muchos los minerales que se encuentran asociados al oro y a la plata, pero dado el carácter de esta obra, nos hemos limitado a citar los más comunes y los más fáciles de identificar. Es inconducente entrar en más detalles, ya que el minero práctico no tiene conocimientos suficientes para distinguir compuestos muchas veces complejos y por otra parte derivaría de ello poca utilidad práctica. En todo caso, repetimos lo dicho en otro lugar: es muy conveniente hacer examinar por un experto toda sustancia que por su color, dureza, densidad o por cualquiera otra particularidad haga sospechar que tenga valor comercial.

**Rocas.** Se pueden clasificar todas las rocas en estos tres grandes grupos: **rocas ígneas**, que son aquellas provenientes de la solidificación de masas minerales en fusión; **rocas sedimentarias**, que fueron formadas por acumulaciones de detritus de rocas más antiguas; y **rocas metamórficas**, originadas por la transformación de varias rocas sometidas a grandes presiones y a temperaturas elevadas.

Ejemplos de rocas ígneas: granito (maní), basalto (piedra mulata), fonolita (piedra campana), andesita (churumbelo).

Ejemplos de rocas sedimentarias: calcáreo (piedra de cal), arenisca (molleón), yeso (piedra de yeso), pizarra, conglomerado.

Ejemplos de rocas metamórficas: mármol, estéatita (piedra jaboncilla), esquistos, serpentina.

Todas las rocas están compuestas de uno o de varios minerales. El mármol, por ejemplo, sólo contiene carbonato de cal; en cambio, otras rocas están formadas hasta por ocho óxidos metálicos como constituyentes esenciales.

La clasificación de las rocas está basada en sus caracteres físicos y químicos. La petrología o ciencia de las rocas es un estudio complicado y difícil y generalmente de muy poca utilización práctica inmediata.

Casi siempre las rocas sedimentarias fueron formadas en el seno de las aguas: fondo del mar, de los lagos o lecho de los ríos, por agentes mecánicos, químicos u orgánicos. La erosión o desgaste de las tierras continentales por las corrientes de agua y el acarreo de los residuos o detritus hacia el mar, donde al acumularse constituyen nuevas rocas, son un ejemplo de formaciones por acción mecánica.

Las aguas cargadas de ácido carbónico disuelven el carbonato de cal de los terrenos calcáreos, lo transportan a distancias considerables y lo dejan depositar tan pronto como el ácido se desprende, formando nuevas rocas por acción química. Caso análogo acontece con las sales solubles abundantes en los continentes —cloruro y sulfato de sodio, etc.—; se disuelven en el agua de las fuentes y se depositan en los lagos salados por evaporación del vehículo que las tenía en disolución. Así se formaron los depósitos de sal gema, cloruro de potasio, borato de sodio, etc.

Ciertos microorganismos tienen la facultad de fijar el carbonato de calcio de las aguas en que viven para formar su concha. La acumulación de grandes masas de tales conchas originaron rocas calcáreas de enorme extensión. Es este un ejemplo de transformaciones geológicas debidas a agentes orgánicos.

Las rocas sedimentarias se distinguen de las rocas metamórficas y de las rocas ígneas por sus caracteres físicos. Con frecuencia están constituidas por fragmentos redondeados de todos tamaños. No es raro también que se encuentren en ellas fósiles, es decir, restos de animales o de plantas, más o menos bien conservados. Estos fósiles dan la base para la clasificación de las rocas sedimentarias. Esta clasificación se hace por épocas geológicas, a partir de las primeras formaciones que exhiben restos de seres vivos —animales o vegetales—

al principio muy rudimentarios, y termina con las rocas modernas, digamos actuales. No hay que creer que el proceso de las transformaciones geológicas está terminado; los ríos siguen erodando las cordilleras y arrastrando al mar los residuos; el calor central del globo continúa su acción de transformación de los estratos profundos, etc.

Otra característica de las rocas sedimentarias es la estratificación o formación en capas. Cada capa independiente se llama estrato. Los estratos pueden diferir entre sí por el espesor, por la composición o por la posición relativa. La diferencia de composición y de posición relativa de los estratos permite a los mineros de carbón distinguir una veta determinada, entre otras muchas, e identificarla, aun a grandes distancias.

La hulla (carbón de piedra), el yeso, algunos minerales de hierro y de manganeso, ciertos depósitos de sal y otros minerales no metálicos, se depositaron inicialmente en forma estratificada.

Las rocas metamórficas se originaron, como ya se dijo, por la transformación de otras rocas bajo la acción del calor y de la presión. Se comprende fácilmente que una formación sedimentaria, una arcilla, por ejemplo, sepultada bajo centenares y aun millares de metros bajo la superficie, que soporta la enorme presión y la temperatura elevada de las capas profundas del globo, y esto por miles y miles de años, tenga que sufrir cambios radicales en su aspecto físico y mineralógico. Los estratos desaparecen más o menos; los compuestos químicos afectan formas cristalinas, constituyendo especies mineralógicas definidas, etc. La transformación es a veces tan completa que es imposible decir a ciencia cierta si una roca dada fue alguna vez sedimentaria o nó.

Las rocas ígneas estuvieron en otro tiempo en estado de fusión y no se nota en ellas estratificación, salvo en algunas lavas. Examinadas atentamente se nota que están formadas por cristales, algunos tan pequeños que sólo pueden identificarse con lente. Las rocas ígneas se pueden clasificar en tres grupos, así: **granulares, porfidíticas y vítreas**. Las primeras —las granulares— exhiben textura regular, pareja y granos de tamaño uniforme. Las porfidíticas muestran cristales más o menos gruesos, visibles a simple vista, englobados en una especie de cemento o masa microcristalina (cristales visibles sólo con el lente). Las rocas vítreas, como lo indica su nombre, tienen aspecto de vidrio y no muestran cristales, ni aun examinadas al microscopio.

Nuestros mineros llaman roca toda formación dura, difícil de romper, y peña a toda roca blanda. Conviene saber que el nombre de roca se debe aplicar tanto al **maní** más resistente como a la **peña boba**, que apenas pide el pico para perforarla.



## FALLAS

Reproducimos a continuación el siguiente estudio sobre fallas, que ya había sido publicado en la Revista "**Minería**", perteneciente al ingeniero Alejandro Delgado T.

**"Localización de filones perdidos por fallas.**—Las vetas de mineral que forman capas de mayor o menor extensión, incrustadas en la corteza terrestre, han sufrido generalmente alteraciones posteriores que les causan doblamientos o fracturas, o cambio de lugar más o menos intenso. Dejando a un lado el estudio geológico que atañe a estos problemas, vamos a estudiar rápidamente las reglas que se acostumbra seguir cuando al avanzar sobre una guía se presenta la pérdida de la veta, causada por la falla, que podemos considerar como una fractura, a un lado de la cual han tenido lugar movimientos de las rocas que quedan relativamente cambiadas de lugar, con relación a las otras situadas al otro lado de la fractura.

Como al agrimensor corresponde localizar las fallas para los planos y medir su dirección e inclinación, también él se encarga de marcar la dirección que debe seguirse. Por eso hacemos aquí un rápido estudio de los casos que pueden presentarse.

Las fallas o fracturas pueden ocurrir en cualquier orientación con relación a la dirección de las vetas, desde correr paralelas hasta cortarlas normalmente. Generalmente estas fracturas se presentan formando algún ángulo con la vertical, es decir, inclinadas. Dos clases principales de fallas debemos estudiar: las fallas normales, aquellas en que la parte deslizada hacia abajo lo ha hecho en dirección hacia la inclinación de la falla y este es el caso que naturalmente ocurre. En las figuras puede verse el caso de falla normal con fracturas inclinadas al mismo lado y en dirección contraria a la veta.

La falla inclina hacia la parte A y esta es la que ocupa en la veta la porción más baja en relación a B, la más alta.

Todo lo contrario pasa en la falla invertida y de ahí su nombre. La parte relativamente más baja o que ha deslizado, es la que se encuentra del lado contrario hacia el cual se inclina la falla. Como se observa en las figuras, la falla se inclina hacia la parte A, pero la parte más baja se encuentra al lado B, contrario a la inclinación de la falla.

El valor del cambio de lugar relativo de las partes, no podemos conocerlo de primera vez, ya que puede ser de unos pocos metros verticales o alcanzar cientos de metros.

Entendiendo bien la posición relativa de las partes, en la falla directa, podemos muy fácilmente comprender las reglas que la rigen.

Cuando avanzamos sobre una veta por una galería y se pierde el mineral al presentarse una fractura, y esta fractura presenta inclinación hacia nosotros (recordando en la falla normal) la parte más baja se encuentra del lado hacia el cual inclina la fractura. Tenemos en este caso que estamos, por consiguiente, donde se halla la parte más baja, teniendo al otro lado de la falla la parte más alta de la veta; pero como esta continuación desciende según la inclinación de la veta, nosotros podremos encontrar nuevamente el filón, en el nivel donde nos hallamos, volteando la guía del lado hacia el cual se inclina la veta.

Ahora, de una manera similar cuando nos encontramos al avanzar en la guía, con la falla que se inclina del lado contrario a nosotros, tendremos que la parte más baja estará del lado hacia el cual se inclina la fractura, o sea que nos encontramos en la parte relativa más alta.



Fig. 1

Como la veta en su prolongación más allá de la fractura continuará ascendiendo, hacia el lado contrario de su inclinación, para buscar, en el nivel donde nos encontramos, nuevamente la veta, debemos llevar una cruzada dirigida en sentido contrario hacia el cual inclina el filón. Es recomendable adelantar estas cruzadas en un ángulo aproximado a 45 grados con la dirección normal que tomamos de la veta, para avanzar también al mismo tiempo. La longitud dependerá del cambio que haya sufrido la veta, el cual no conocemos, y de la inclinación de la misma siendo de menor longitud la cruzada cuanto mayor sea la inclinación del filón.

Si la veta corriera horizontalmente, sin inclinación, no podríamos hallar continuación al mismo nivel, siendo preciso en este caso ascender o bajar para encontrarla. Con la anterior explicación se comprenden fácilmente las reglas para las fallas normales que podemos anotar así:



1º—Cuando la veta se inclina hacia la izquierda y es cortada por una falla que se inclina hacia nosotros, la veta perdida se encontrará cruzando a la izquierda.

2º—Cuando la veta se inclina hacia la derecha y es cortada por una falla que se inclina hacia nosotros, la veta perdida se encontrará buscando a la derecha.

3º—Cuando la veta se inclina a la izquierda y es cortada por una falla que se inclina alejándose de nosotros, la veta perdida se encontrará buscando a la derecha.

4º—Cuando la veta se inclina a la derecha y es cortada por una falla que se inclina alejándose de nosotros, la veta perdida se encontrará buscando a la izquierda.

5º—Cuando la veta corre horizontal y es cortada por una falla que se inclina hacia nosotros, la veta se encontrará a un nivel más alto y debe buscarse por medio de un tambor.

6º—Cuando la veta corre horizontal y es cortada por una falla que se inclina alejándose de nosotros, la continuación de la veta estará a un nivel más bajo y debemos buscarla por medio de una clavada.

Hay una regla que ayuda a recordar las anteriores y que dice: **falla a los pies, veta a la cabeza; falla a la cabeza, veta a los pies**, lo cual se explica porque encontrando la falla a los pies primero, es porque está inclinada hacia nosotros y por consiguiente la continuación de la veta estará más alta y según la inclinación de ella para encontrarla al mismo nivel, debemos buscarla a la derecha o a la izquierda.

La falla puede cruzar la veta en ángulo recto o en cualquier inclinación no importando esto para la aplicación de las reglas, las que son siempre ciertas cuando la falla es normal, como es generalmente el caso y como debemos considerarla, a no ser que por un estudio geológico o por conocimiento anterior de la falla podamos saber que es inversa, en cuyo caso naturalmente la continuación de la veta estará en sentido contrario a lo expuesto en las reglas.

Puede ocurrir también el caso de que la falla se presente siguiendo la misma dirección de la veta, o sea paralela a ella; decimos entonces que la veta ha sufrido un salto que puede ser normal o inverso. En este caso, siguiendo una guía horizontal posible no se nos presentará la continuación de la veta, pero sí ocurrirá esto al seguir la inclinación de ella, sea por tambor o clavada.

Para buscar la continuación debemos aplicar las mismas reglas de la falla normal, a no ser que tengamos conocimiento de que el salto es inverso, o sea que cuando la falla o salto se inclina hacia

nosotros debemos buscar la continuación hacia arriba, y cuando inclina alejándose de nosotros, buscarla hacia abajo.

**Método gráfico de Zimmerman.** Hay un método gráfico para estos problemas que lleva este nombre y que vamos a reseñar aquí rápidamente, aun cuando coincide con las reglas que hemos dado anteriormente para las fallas directas. Es como sigue:

1º Dibujamos la dirección de la falla y de la veta y prolongamos estas líneas hasta su intersección, indicando por flechas la dirección hacia la cual inclina la veta y la falla. Estas líneas representan la posición relativa de la veta y la falla a un mismo nivel que podemos considerar como el nivel 1, por ejemplo.

2º Determinamos por construcción la posición relativa de la veta y de la falla en un nivel más bajo y localizamos por prolongación la intersección de la veta y la falla, en este nivel más bajo, que podemos considerar como el nivel 2.

3º Dibujamos una línea que úna los puntos de intersección de la veta y de la falla en los dos niveles que consideramos.

4º Prolongamos la línea de intersección más allá de la falla hacia un nivel más alto en ella.

5º Trazamos una línea perpendicular a la falla en el punto donde la línea de intersección la corta y aplicamos la **Regla: Del lado que esta perpendicular se encuentra con relación a la línea de intersección, de este lado se encontrará la continuación de la veta que debemos buscar.**

Las figuras 2, 3, 4 y 5 nos dan una mejor idea de estos problemas. Si tenemos una veta A que es desplazada por una falla B, que tiene su inclinación marcada según la flecha, podemos determinar a y b correspondientes a la falla y veta en un nivel más bajo. No importa la distancia a la

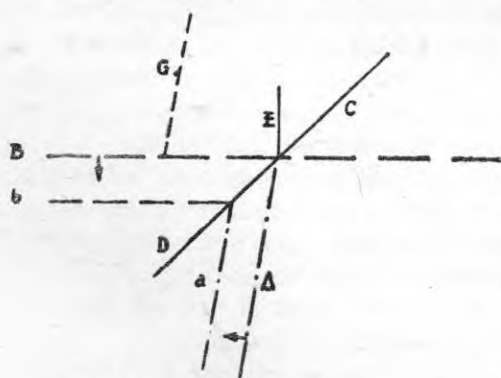
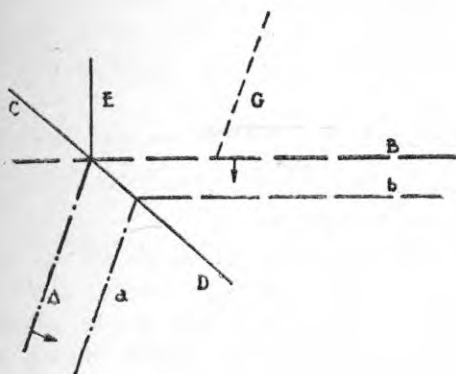


Fig. 2

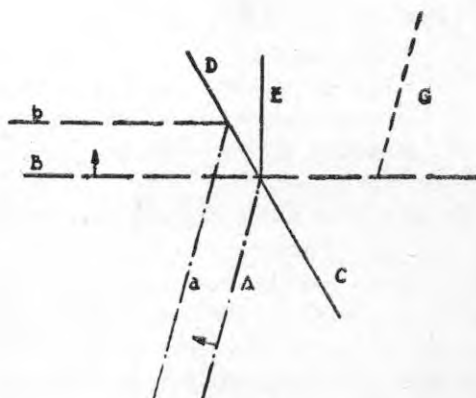
Veta hacia la izquierda, falla hacia nosotros, continuación a la izquierda.

la cual consideramos estos niveles asumidos, pero sí debemos guardar una posición relativa según las inclinaciones correspondientes de la veta y de la falla. La línea D-C que une las intersecciones en los dos niveles la prolongamos más allá de la falla. La perpendicular E la trazamos sobre la fa-



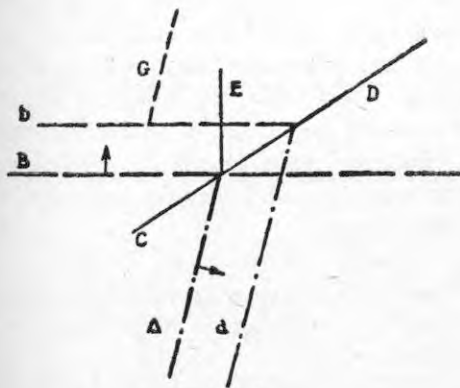
Veta hacia la derecha, falla hacia nosotros, continuación a la derecha.

Fig. 3



Veta hacia la izquierda, falla lejos de nosotros, continuación a la derecha.

Fig. 4



Veta hacia la derecha, falla lejos de nosotros, continuación a la izquierda

Fig. 5

lla, siempre del lado donde buscamos la veta. Luégo aplicando la regla hallamos la continuación G del lado en que esta normal se encuentra, en relación con la línea C-D que une las intersecciones.

#### MUESTREO DE FILONES Y ARENAS

**Filones.**—Esta operación es de vital importancia y si no se hace con el debido cuidado puede llevar al fracaso.

La muestra o promedio que se toma del filón debe ser tal que no sea ni más pobre ni más rica que la masa de mineral cuyo tenor se pretende conocer y por eso se la llama comúnmente **muestra representativa**. Debe representar no solamente la riqueza media del mineral, en cuanto a los valores en metales preciosos, sino también la constitución química y física del material que se pretende estudiar, pues esto determinará el tratamiento más apropiado y el estudio de este punto es uno de los objetivos de la muestra.

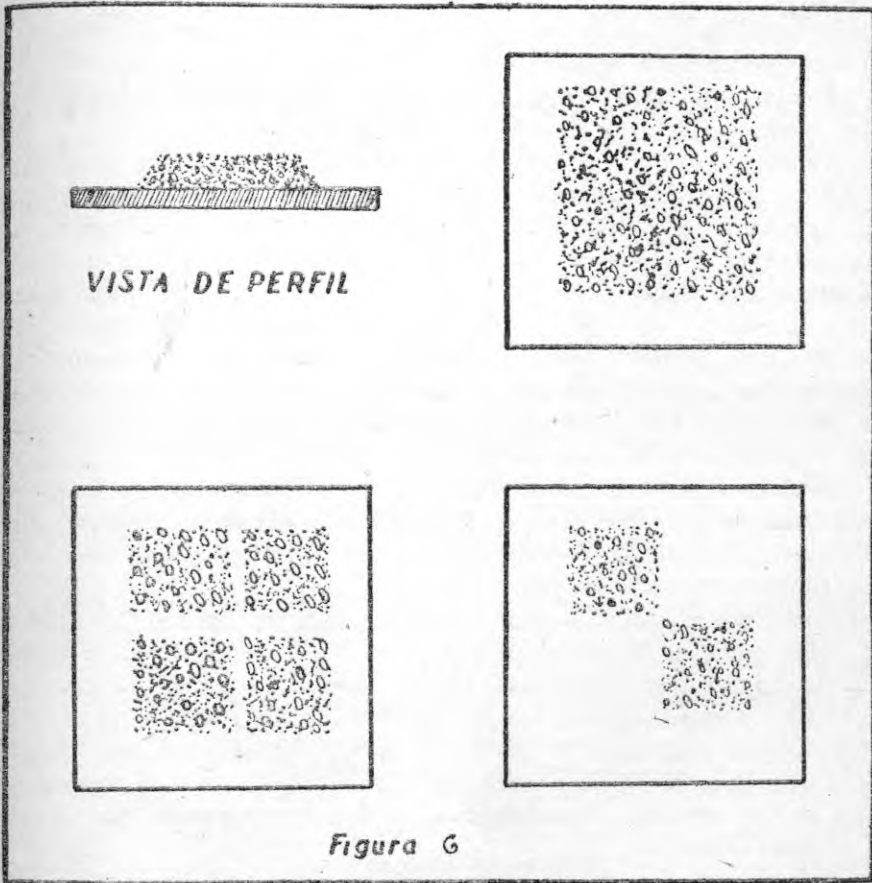
En el muestreo de las vetas pueden presentarse estos casos:

- 1º Toma de muestra de una veta apenas aflorada;
- 2º Promedio de un filón **afrentado**;
- 3º **Muestreo** de una veta ya desarrollada con galerías, tambores, apiques, cortes, etc.

En el primer caso, cuando la veta está apenas aflorada, se debe descubrir ésta limpiando el mineral de toda sustancia extraña: hojas, musgo, tierra vegetal, fragmentos de roca, en fin, todo lo que no sea mineral propiamente. En seguida se cuadrará el frente o corte de mineral en la mayor extensión posible, observando que lo que aparece como veta no sea un rodado o fragmento de filón corrido, pequeño, sin importancia. Debe tenerse especial cuidado en no confundir los respaldos con el mineral. Con un pico bien aguzado, o con una muela o un taladro corto, en caso de que el mineral sea duro, se hacen a través de toda la veta, y a escuadra con la dirección de los respaldos, pequeños canales de unas tres pulgadas de ancho por tres de profundidad, poco más o menos, recogiendo con cuidado todo el material que se arranque. Estos canales se hacen a distancias regulares en todo el frente expuesto, digamos cada cincuenta centímetros. Si la superficie a la vista es muy reducida, el intervalo entre los canales debe ser menor, a juicio del minero.

Todo el mineral que resulte de esta operación se llevará a un lugar apropiado, donde pueda extenderse sobre una superficie plana y limpia, y se reducirá con un martillo a fragmentos no mayores que el tamaño de un limón, mezclando luégo el material lo mejor posible. Hay que evitar con cuidado que se agreguen a la mezcla sustancias extrañas.

En un gante, un encerado, sobre unas tablas, o en cualquier superficie aseada y a nivel, se riega el mineral ya reducido a pedazos chicos, como se dijo, formando una capa delgada de unas dos pulgadas de espesor. Debe procurarse que la muestra extendida tenga la forma de un cuadrado, en el cual se trazan dos líneas que vayan del centro de cada costado al lado opuesto, dividiendo de esta manera la fi-



gura en cuatro cuadrados más pequeños, iguales, de los cuales se recogen cuidadosamente dos montones opuestos cualesquiera. La figura 6 ilustra claramente el proceso de **cuarteo**.

Se junta luego el mineral y se repite la operación descrita, tantas veces cuantas sean necesarias para reducir la muestra a una cantidad de unos cinco kilos, los cuales vienen a formar el promedio que



se someterá al estudio del laboratorio. Esta muestra definitiva se guardará con esmero en un saco de tela, marcándolo con tinta por fuera y colocando en el interior también la marca en un pedazo de cartón, que a su vez debe ir envuelto en un papel para evitar que se borre lo escrito. El minero registrará en su cartera la marca dicha, el ancho de la veta en el lugar promediado y, en fin, todo lo que le llame la atención o crea que pueda ser digno del estudio del ingeniero o experto.

El resto de la muestra primitiva no debe botarse; al contrario, conviene conservarlo un tiempo, si fuere posible, para el caso de que se necesite más tarde mayor cantidad de mineral para el estudio o comprobación posterior de los análisis verificados.

Algunos prefieren en lugar de **cuartear** la muestra, esto es, regarla dando forma de cuadrado y luégo partirla en cuatro partes menores, extenderla en capa delgada y en forma cualquiera irregular y después tomar, a cortas distancias, pequeños bocados de mineral, cuidando de ir hasta el fondo de la capa. Esto se repite varias veces sobre el material recogido hasta llegar a la muestra definitiva.

Por regla general, mientras más voluminosa sea la muestra original, mayor probabilidad hay de obtener un buen promedio. Lo mismo puede decirse del grueso a que se reduzca el material para cuartearlo: mientras más menudo mejor.

Se debe poner un cuidado especial en los útiles que se empleen para tomar la muestra; éstos no deben haber estado en contacto con cualquier sustancia que tenga oro o plata, recortes, moles, precipitados, amalgamas, oro en polvo, etc.

El minero cuidará de no sugestionarse ni en pro ni en contra: no debe tomar ni lo mejor ni lo más malo del filón. Si en la masa del mineral ocurren pequeños pedazos de roca que no sea práctico separarlos a mano, deben entrar también en la muestra o promedio, pues siempre han de ir al molino y deben considerarse como mineral. Si se observa algún indicio de mineralización en los respaldos, éstos deben catearse y **muestrearse**, pues a veces ocurre que el oro se localiza en ellos.

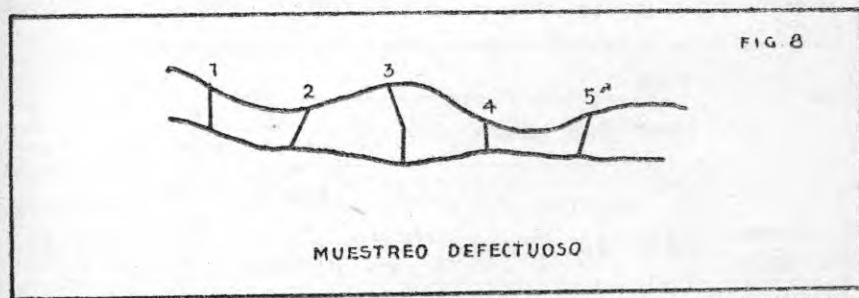
Cuando el afloramiento de la veta no sigue una línea recta, como ocurre frecuentemente, se debe tener especial cuidado de que el canal que se labra en el mineral con el fin de tomar la muestra, quede siempre a escuadra con el plano que representa la dirección e inclinación de los respaldos, en el punto preciso en que se toma el promedio. La figura 7 representa el afloramiento de una veta con dirección irregular, e indica el modo de romper las brechas para muestrearla. En la figura 8 las muestras quedaron mal tomadas debido a

que los canales no cortaron el filón en ángulo recto, tomando como base los respaldos. Ocurre con mucha frecuencia que los filones están formados por bandas o fajas de diversa constitución y riqueza. Estas fajas se presentan longitudinalmente y no a través de la formación. Por esto una muestra que se tomara en ángulo oblicuo a la dirección de estas cintas, o a lo largo de ellas, sería defectuosa.



Rev. MINERIA

Cuando el frente que se **muestree** esté compuesto de materiales de diversa consistencia —barro, sulfuros, cuarzo, etc.— hay la tendencia de separar mayor cantidad de lo más fácil de arrancar —la arcilla por blanda y las piritas por frágiles—. Si no se toma igual volumen de mineral de cada unidad de sección del canal, la muestra será imperfecta: resultará o más rica o más pobre y nunca el promedio de la masa, no siendo por consiguiente una muestra representativa.



Rev. MINERIA

Las muestras de un afloramiento, bien sea sobre la superficie del terreno o afrontando la formación, sólo sirven para justificar una exploración más firme, pero no dan idea del volumen o del tonelaje de mineral con que se puede contar. Por regla general el oro libre en

los afloramientos o cogollos es más abundante que en las partes profundas de la veta, de suerte que los cateos en batea de los minerales superficiales no deben tomarse como seguros en cuanto al oro libre, para proceder a montaje de aparatos de trituración sin más estudios de la formación, salvo que el mineral a la vista sea muy abundante. A lo sumo, si el afloramiento es muy extenso, la pinta buena, el mineral blando y las condiciones favorables, en cuanto a abundancia de aguas, caídas, facilidad para los transportes, etc., puede procederse a montar una **cimbra** o un arrastre grande para hacer cateos en mayor escala. En casos de minerales excepcionalmente ricos en oro libre, estos aparatos, aunque muy primitivos, pueden producir lo suficiente para avanzar los estudios de la mina sin desembolso de capital, y en muchas ocasiones libran al minero del fracaso derivado de un montaje costoso y festinado, en una mina pobre en oro o en minerales.

Si los afloramientos de una veta dan buen resultado en el ensaye de horno y en los cateos a batea, teniendo siempre en cuenta el ancho de la formación y la facilidad de explotación, se puede proceder a explorar la vena a mayor profundidad, con galerías localizadas, bien sea directamente sobre la veta desde la superficie, o con cruzadas, según como se presente la topografía del terreno. A medida que el socavón avanza sobre el mineral se deben tomar muestras como se ha indicado y llevar un registro claro y preciso del ancho de la veta, aspecto y características de la formación, resultado del cateo para oro libre, estado de los respaldos, distancia a un lugar fijo e invariable en la bocamina o a otro sitio accesible, etc. (véase cuadro). Sería muy conveniente levantar un plano a escala y registrar en él los resultados de los ensayes y las referencias, anotando igualmente

Mina \_\_\_\_\_

Nivel (Guía, galería, etc.) \_\_\_\_\_

Dis- tan- cia	SECCION		MUESTRA			Ensaye en la batea	\$ por Tenor ton.	Observa- ciones
	Forma- ción	Ancho	No.	Ganga	Minera- les			

Fecha \_\_\_\_\_

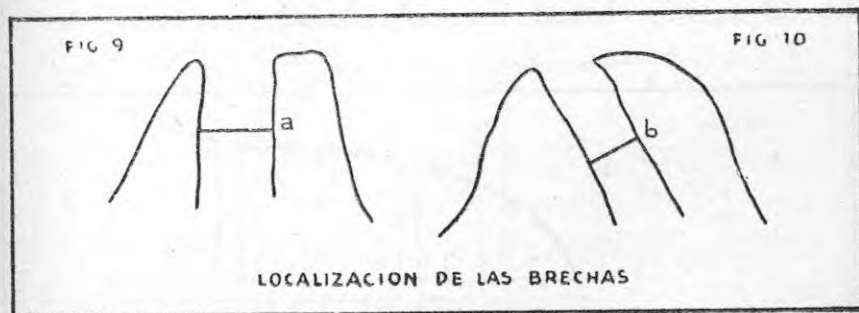
Encargado \_\_\_\_\_

en la cartera de apuntes donde están consignados todos los demás datos de que hemos hablado. No estaría también por demás apuntar asimismo, definiendo su localización precisa, cualquier variación notable en la inclinación de los respaldos, en su composición, la presencia de **sebos** o **lisos**, la aparición de **caballos** o **churumbelos**, las quiebras o fallas, la salida de agujas, etc., etc., especificando aproximadamente el rumbo con que se desprenden. Cualquier cuerpo mineralizado que se encuentre al avanzar una galería o socavón a lo largo de una veta y que se separe de ésta, debe ser cateado y ensayado por horno. Lo mismo si se presentare en una cruzada, aunque no corresponda con el lugar donde se busca la formación objeto del trabajo.

Un registro como el que se recomienda puede ser de gran recurso en los estudios posteriores y ayudará a simplificar e ilustrar el trabajo del ingeniero en el desarrollo y explotación científica de la propiedad.

La distancia a que deben tomarse las muestras en una galería que se avanza sobre mineral depende de muchos factores y no puede darse una regla precisa. Tomar a cada metro una muestra estaría muy bien; una cada dos, no sería mal; de cinco en cinco metros sería bastante deficiente.

Las figuras 9, 10 y 11 ilustran cómo debe localizarse el canal para la muestra, según que el filón sea de cajón o de manto. Las letras a, b, c, d y e indican las brechas de muestreo.



Si se trata de tomar muestra de un frente viejo, por ningún motivo se fiará el minero del mineral expuesto, que bien puede estar **salado**. Lo indicado en este caso es cuadrarlo de nuevo, avanzando todo el corte por lo menos unos 20 centímetros hacia adentro, exponiendo mineral virgen y desechando todo lo que se arranque. El canal para tomar el ensaye se hará en el nuevo frente.

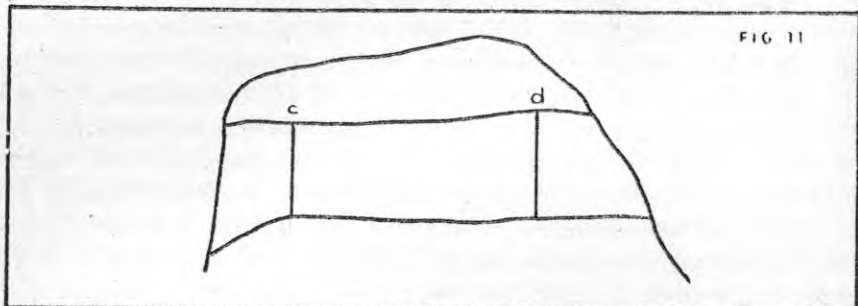


FIG 11

REV MINERIA

**Promedio de minerales colgados.**—Ahora vamos a estudiar cómo debe procederse para promediar una veta más desarrollada, es decir, un yacimiento que tenga minerales colgados.

Cuando un bloque de mineral esté conocido por sus cuatro costados, por estar colocado entre dos galerías y dos tambores, se puede calcular su valor con bastante aproximación, siempre que sus dimensiones no sean demasiado grandes y se tome suficiente número de muestras para el ensaye. Un cuerpo de mineral bloqueado puede estar en uno de los casos siguientes, como lo muestra la figura 12: **f**, por dos costados, si el afloramiento está vendado; **g**, por tres costados, si es imposible llegar a los cogollos; **i**, que puede descomponerse en dos lotes, uno limitado arriba y abajo por galerías, a la derecha por un tambor y a la izquierda por una línea imaginaria l. m. (sería, pues, así un corte conocido por tres costados) y un bloque limitado

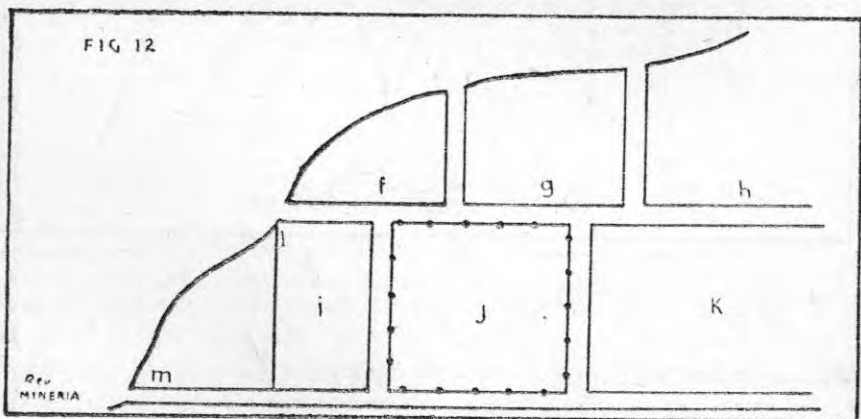


FIG 12

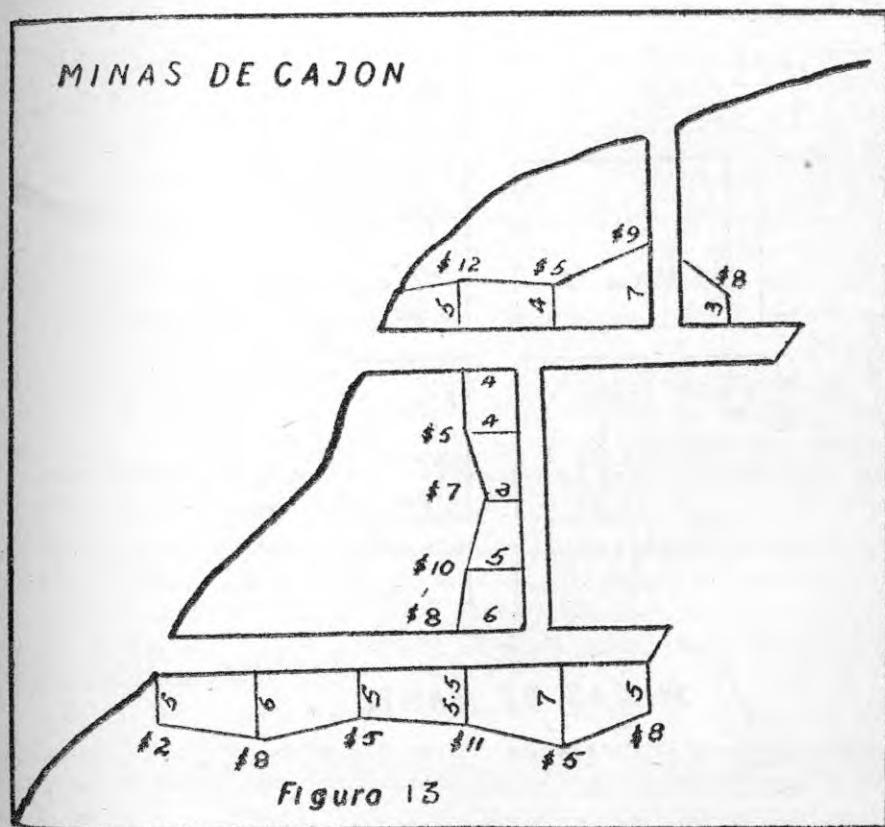
REV MINERIA

MUESTREO EN UN CUERPO DE MINERAL BLOQUEADO



por lo bajo con una galería y hacia arriba por el afloramiento, que en caso de estar descubierto se debería promediar y ensayar para el cálculo del valor y tonelaje. El bloque **j**, el único expuesto en debida forma para fijar los factores tenor y masa y, en fin, los cuadros **h** y **k**, contiguos a los frentes, que sólo se conocen en parte. Los puntos señalados en el cuadro **j** indican cómo deben disponerse las muestras para obtener el promedio de riqueza y el valor del lote de mineral que puede extraerse de él. Más adelante indicamos la forma como debe procederse para calcular el verdadero promedio de riqueza, una vez obtenido el valor de los ensayos.

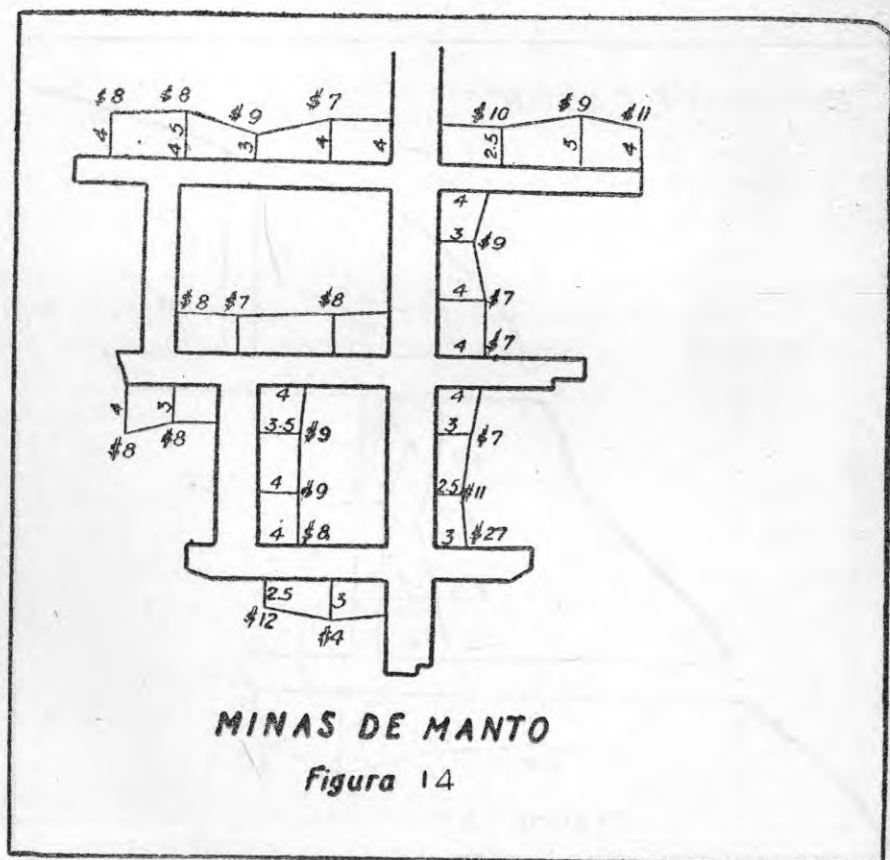
Las probabilidades de error en el cálculo del valor de un corte de mineral son mayores a medida que se reduce el número de muestras y se aumentan las dimensiones del cuadro. En un bloque pequeño, al cual corresponda un ensayo por cada metro cúbico, la proba-



bilidad de acertar es mayor que en un corte de grandes dimensiones en el cual hubiera un ensaye para cada ocho metros cúbicos, por ejemplo.

Las figuras 13 y 14 muestran una proyección vertical y una horizontal, respectivamente, de una mina de cajón y una mina de manto. Ellas indican en parte la manera como deben levantarse los planos o croquis de los bloques de mineral para el muestreo y el cálculo de los valores.

El estudio de una mina extensa y muy desarrollada no es obra para emprenderla el minero práctico, sobre todo si se trata de evaluarla. El caso requiere conocimientos especiales y debe confiarse el trabajo a un ingeniero experto y honrado. Esto no obsta para que el práctico adquiera nociones de los procedimientos que se adopten en



el estudio de la riqueza de los filones. Con estas nociones puede ser un magnífico ayudante del experto encargado del trabajo.

**Cálculo de los promedios.**—Un error que se comete muy frecuentemente es el de querer averiguar el promedio de la riqueza del filón, sumando los valores parciales de las diferentes muestras tomadas y dividiendo el total por el número de ensayes. Por ejemplo, si tomamos 4 muestras en un ancho de filón de 70, 80, 90 y 100 centímetros, obteniendo un valor de 15, 12, 11 y 4 gramos de oro por tonelada, respectivamente, tenemos que el promedio no es  $15 + 12 + 11 + 4 = 42$  dividido por 4 o sea  $42/4 = 10.5$  gramos por tonelada. Para obtener el **verdadero promedio** deben tenerse muy en cuenta los anchos del filón en los lugares donde se tomaron las respectivas muestras, procediendo para el ejemplo anterior así:

$70 \times 15 + 80 \times 12 + 90 \times 11 + 100 \times 4 = 3400$  gramos-centímetros, que divididos por 340, suma total de todos los anchos, nos da el **verdadero promedio** de **10** gramos de oro por tonelada.

La manera de tomar las muestras en minas viejas muy desatroladas, en roca floja, que requiera mucha madera para el sostenimiento, es obra larga, tediosa, complicada y costosa. No es tampoco tarea para un práctico, pues exige conocimientos de ingeniería y mucha experiencia.

Da grima la práctica establecida por los mineros de llevar a las fundiciones para hacer ensayar, una, dos, cuatro piedras de mineral tomadas al azar de cualquier parte del filón, casi siempre escogidas de lo más prometedor. Es un modo estúpido de botar el dinero y desacreditarse, que no conduce a nada bueno. Son ya muy pocos los incautos que aflojan capital basándose en una boleta de ensaye de una mala muestra, aunque aquélla indique cientos de pesos por tonelada. El efecto es contraproducente en la mayoría de los casos. **Téngase siempre en cuenta que la muestra no hace la mina, sino al contrario, la mina hace la muestra.**

Es un mal procedimiento tomar muestras para ensaye arrancando mineral de los planes de una galería por donde se hacen los acarrees de material aurífero. Como la parte floja del mineral se juega más o menos, el oro libre se va acumulando en el piso y **sala** la muestra indefectiblemente.

Cuando del resultado de los cateos y ensayes de un mineral se desprende que el oro libre que se pueda obtener no paga la explotación de la mina, pero con todo, los ensayes de horno acusan buen tenor, se debe proceder a probar el tratamiento por cianuración, que es hoy el procedimiento químico más barato y eficaz. Si este sistema

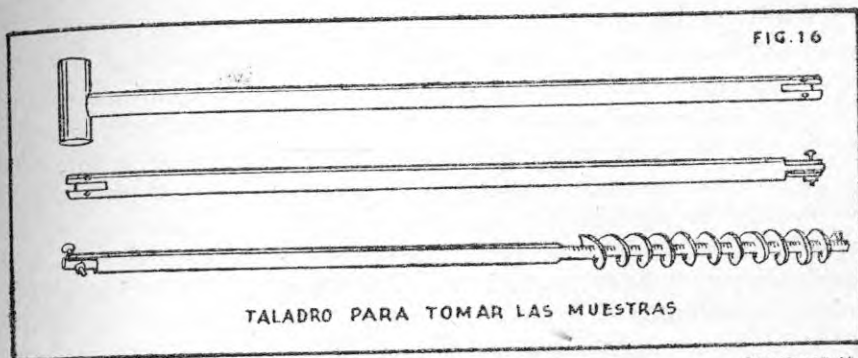
falla por la parte económica, el minero no debe desanimarse. Es posible que un individuo o compañía de mayores recursos pecuniarios y científicos se interese por la empresa. El pequeño industrial no debe luchar con minerales **refractarios** que indudablemente lo llevarán a la ruina, pero sí debe desarrollar su mina hasta poder probar la existencia de minerales valiosos y así interesar a individuos de capital y conocimientos especiales en el ramo. En capítulos posteriores nos ocuparemos del tratamiento o beneficio de minerales por cianuración.

Cuando en el desarrollo de una veta se encuentre un cuerpo de mineral muy grueso, tres metros o más, es conveniente tomar una muestra separada de dos o tres secciones del filón, suponiéndolo dividido por planos paralelos a los respaldos, y ensayar separadamente cada muestra. Esto con el fin de averiguar si los valores están localizados en una zona determinada, pues no es raro encontrar que la riqueza sea casi nula en cierta sección de la veta, que por lo tanto no debe trabajarse.

**Arenas.**—El muestreo de las arenas, jaguas, etc., lo mismo que el de los filones, es una operación que debe practicarse con sumo cuidado, pues es de grandísima importancia, ya que la muestra que se tome para analizar en el laboratorio debe ser verdaderamente **representativa**, es decir, debe indicar la riqueza media de las arenas, así como la composición química y física del material, en vista de que todos estos factores contribuirán a determinar el tratamiento más apropiado para su beneficio.

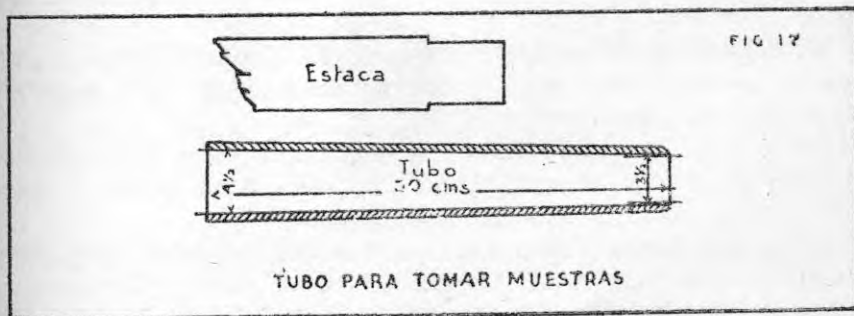
Cuando se quieran **muestrear** acumulaciones de residuos de molinos con el fin de beneficiarlos, se debe empezar por definir los lin-





deros de la plaza o montón y desbrozar la maleza o rastrojo, si lo hubiere. En seguida conviene dibujar aproximadamente y a escala, el depósito para distribuir las perforaciones en debida forma. Luego se señalan con estacas sobre el depósito, a distancias regulares, de dos en dos o de tres en tres metros, según el tamaño de la plaza y la precisión que se desee obtener en el ensaye, los lugares en donde deben hacerse las perforaciones. Los orificios deben romperse en líneas paralelas y triangulando como al sembrar café, en la forma indicada en la figura 15.

Para sacar la muestra lo más aconsejable es utilizar un barreno espiral de pulgada y media de diámetro como el indicado en la figura 16. También puede emplearse un tubo cónico de lámina de hierro de 1/16 de pulgada de grueso, 30 centímetros de longitud, 4.5 centímetros de diámetro en la boca más ancha, y 3.5 centímetros en la más estrecha y con filo biselado por el exterior en la extremidad más delgada. Este tubo se encaba en una estaca de madera en la cual se labra un ligero hombro para evitar que el mango penetre demasiado. Fig. 17.





El tubo se introduce verticalmente en la arena comunicándole un ligero movimiento circular para ensanchar el orificio, dándole forma cónica, con el fin de que no se pegue a las paredes. Si el material no está muy apelmazado, basta el esfuerzo de los brazos para que éntre, pero si se halla muy apretado es necesario apelar a un mazo de madera con el cual se golpeará la extremidad de la estaca para que avance. Es prudente no adelantar demasiado a cada vez, no sea que el tubo al llenarse de arena siga penetrando, pero sin tomar el bocado correspondiente. Cuando se juzgue que el tubo se ha llenado en toda su longitud o se note que penetra con dificultad, se sacará, cuidando de no desmoronar las paredes del hueco, se golpeará con una varilla delgada para retirar el material recogido, y se repetirá la operación hasta llegar a la base de la capa de mineral, lo cual se conoce porque empieza a morder tierra. Al terminar con cada hueco se registrará la profundidad para los cálculos posteriores de tonelaje. La arena que se retire de cada perforación se recogerá en una tela, cajón o recipiente muy limpio. Al final se mezcla toda la arena muy bien, disgregando los grumos; se extiende en capa delgada, 4 ó 5 centímetros de grueso y se promedia de nuevo con el tubo, haciendo huecos a distancias cortas, regulares, o bien cuarteando cuidadosamente, como se dijo antes para las vetas. Esta operación se repite varias veces hasta reducir el montón a unos 8 kilos, los cuales se empacarán en saco de tela muy limpio y marcado de modo que pueda identificarse fácilmente. Con cada plaza o depósito de arenas se repetirá la misma operación descrita.

Siempre es prudente efectuar cateos a batea de los restos que queden después de separar la muestra para los ensayos, con objeto de juzgar qué cantidad de oro libre contiene el mineral y si este oro es suficientemente menudo para cianurarse rápidamente, fuera de que el cateo pueda dar indicio de una **salada** maliciosa antes de llegar a manos de los ensayadores, repitiendo la prueba de batea en la fundición.

Se debe hacer un ensaye aparte, de cada depósito independiente, pues no es difícil que alguno de los montones resulte demasiado pobre y haya que descartarlo.

En el plano de cada depósito se numerarán todos los huecos y se registrará al lado la profundidad. Con estos datos puede el ingeniero calcular luégo el tonelaje.

Como las arenas varían tanto en composición física, química y mineralógica, es muy difícil dar una cifra que pueda tomarse como suficientemente aproximada para la densidad. Pero el minero puede procurarse ese dato bastante preciso procediendo en esta forma: en

un lugar de una plaza de arenas, intermedio entre las cabeceras más piritosas y las colas más lodosas, se aplanan y nivela una superficie, penetrando bastante en la capa de arena para no trabajar sobre lo menos apretado de la carga, y se labra con cuidado un hueco cuadrado un poco grande —digamos de  $40 \times 40 \times 40$  centímetros— lo más regular posible. Todo el material que se saque del hueco se pesa con cuidado en una báscula, en una romana o, en último caso, por porciones, en una balanza de resorte y se apunta el peso total. Luego se toma un ligero promedio de toda la arena y se pesa, digamos un kilo, se seca al fuego en una lámina de hierro, en una calana o en cualquier aparato que se preste para el caso, con el fin de expulsar la humedad. En seguida se repesa y se determina así la pérdida por agua evaporada. Con este dato se calcula la humedad contenida en toda la muestra sacada del hueco, se descuenta del peso húmedo y se determina, en fin, el peso seco de la arena contenida en un volumen determinado del depósito. Ejemplo: se labró un hueco de  $50 \times 50 \times 50$  centímetros y resultaron 228.5 kilos de arena mojada. Un kilo de arena secada al fuego se redujo a 920 gramos. ¿Cuál es la densidad de la arena tal como se encuentra en el depósito, descartando el agua?

$$\text{Densidad} = \frac{920 \times 228.5}{50 \times 50 \times 50} = 1.68,$$

lo que equivale a decir que un metro cúbico del depósito estudiado contiene 1.680 kilos de arena seca.

Para el cálculo del volumen del depósito se procederá sumando los volúmenes parciales de las figuras que se forman sobre el plano y cuyas dimensiones se conocen por los datos tomados en el depósito al practicar el muestreo. Una vez obtenido el volumen en metros cúbicos, basta multiplicar éste por la densidad (ésta varía generalmente entre 1.2 y 1.7 según la calidad de las arenas) y se obtiene el número de toneladas del depósito. La fórmula es la siguiente: **Peso = volumen x densidad.**

## CAPITULO II

### APARATOS DE TRITURACION

En este capítulo trataremos brevemente sobre las máquinas más comúnmente usadas para la trituración de minerales, a saber: la **quebradora de quijadas** y los molinos **de bolas, californiano, semicaliforniano, antioqueño** y de **arrastre**. También haremos referencia a la **Rueda de gravedad**. En el capítulo IV nos ocuparemos de las mesas Wilfley, los clasificadores y cernedores, la flotación, etc., y en general sobre la concentración de minerales.

Tanto para la extracción del oro libre, como para aplicar eficientemente el sistema de cianuración, es necesario triturar previamente el mineral, lo cual se hace en máquinas apropiadas (molinos californianos, de bolas, antioqueños, etc.). En esta etapa de la trituración se extrae el oro libre que contiene el mineral, bien por amalgamación en los morteros del molino o en láminas plateadas, en los tableros, o aprovechando las mesas rayadas, sistema bien conocido por nuestros mineros.

Los residuos de mineral que salen del molino (arenas, jaguas y lodos; la mayoría de estos últimos se pierde generalmente en las aguas que se botan) son aquellas partículas que después de atravesar las mallas o rejas del mortero, recorren los tableros, soltando el oro libre por gravedad y formando los depósitos de arenas que luego se tratarán por cianuración, con el objeto de extraerles el oro que todavía tienen en forma más o menos combinada.

En las pequeñas plantas de cianuración, que son la mayoría entre nosotros, se tratan directamente las arenas, tal como salen del molino, sin separar los concentrados, ni los lodos, para someterlos igualmente a tratamientos especiales con soluciones de cianuro. Esta separación se hace en ocasiones, por ejemplo cuando se emplean mesas concentradoras para aislar los sulfuros o jaguas, de las arenas; en este caso se tratan luego uno y otro productos por separado.

Muchas veces ocurre que el oro se encuentra únicamente en los concentrados y en tal caso las arenas quedan de botar.

En las grandes empresas se suele aislar los concentrados y reducir todo lo demás a lodos, para tratar éstos separadamente, pero esto implica ya maquinarias costosas y complicadas, pues requiere la agitación continua durante el tratamiento con la solución de cianuro, luego la filtración en aparatos especiales, etc.

Cabe anotar aquí el inconveniente que representa para la cianuración el empleo de los **arrastres**, pues tal sistema, aunque recupera buena parte del oro, reduce el mineral a lodo impalpable que al depositarse en las tinas forma capas impermeables que impiden la percolación. Más adelante trataremos este asunto.

En estas notas únicamente nos ocuparemos del beneficio de arenas por percolación, que es el sistema generalizado hoy todavía entre nosotros.

**Quebradoras de quijadas.**—Esta máquina se emplea con el fin de reducir a fragmentos menudos los bloques gruesos de mineral, tal como salen de la mina. Reemplaza el "machador" a mano. Es obvio que cebando un molino californiano, digamos, mineral a dos pulgadas, se consigue mayor rendimiento en la trituración. El principio mecánico de la quebradora de quijadas se acomoda mejor a la tarea de romper fragmentos gruesos a menudos, que el del californiano a la misma operación. La quebradora es una máquina fuerte y resistente, y generalmente molesta poco por reparaciones. La pieza que se desgasta —el juego de quijadas— es intercambiable. Lo que sí es indispensable es que las quijadas sean de un acero muy duro: acero al manganeso. La figura 18 muestra una de estas máquinas.

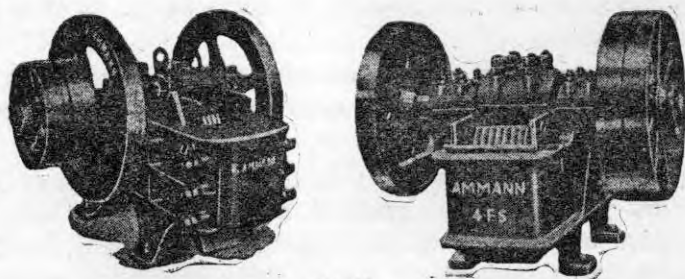


Fig. 18

El cuadro siguiente ilustra sobre la capacidad de las trituradoras. Es tomado de "Handbook of Ore Dressing" de Taggart.

## CAPACIDAD APROXIMADA DE TRITURACION POR HORA Y TAMAÑO DE REDUCCION

Abertura entre quijadas	Reduc.	Tons.	Reduc.	Tons.	Reduc.	Tons.	Reduc.	Tons.
7 x 10	0.75	1.5-2	1.0	2.5	1.5	4	2	5-6
9 x 15	1	56	1.5	5.5-11	2	8-10	2.5	10-12.5
10 x 20	1.5	10-15	2	15-17	2.5	17.5-22	3	20
12 x 24	1.5	20	2	20-30	2.5	25	3	30
15 x 24	1.5	15	2	17-24	2.5	25	3	30-33
15 x 30	2	20-27	3	35-40	4	45	5	50
18 x 24	2	24	2.5	30	3	35	7	70
18 x 30	2	25-35	3	37-45	4	45	5	50
18 x 36	2	40-45	2.5	30-50	3	39-55	3.5	50-60
24 x 30	1.5	35	2	40	2.5	45	3	50
24 x 36	2	25-50	2.5	33-55	3	41-70	4	60-90
30 x 36	2.5	48	5	90	6	105-120	7	125
30 x 42	3	60-72.5	4	90-115	5	110-145	6	120-175

**Molino de bolas.**—El molino de bolas es la máquina moderna de trituración fina. Es mucho más eficiente que el californiano y de mayor elasticidad, pues permite graduar el grueso del producto, entre límites amplios, combinándolo con un clasificador. Requiere para su buena eficiencia que sea precedido por una quebradora de quijadas para que reciba mineral reducido a fragmentos menudos,  $3/4''$  ó  $1''$ . Es muy útil el molino de bolas cuando se trata de moler el mineral con solución de cianuro, lo cual no se puede hacer en el californiano, por las pérdidas de solución casi seguras. Cuando se trata de reducir el mineral a lodos para poderlo cianurar, el molino de bolas es la máquina indicada.

Tanto el forro interior del molino —que debe ser cambiable— como las bolas y la cuchara cebadora, deben ser de acero muy duro, al manganeso. Los metales blandos en estas piezas no dan para molestias y paradas.

El molino de bolas enterizo es muy difícil de transportar a bestia. Se construyen seccionados y éstos son los apropiados para nuestras empresas.

No entramos en detalles de velocidad del molino, peso de la carga de bolas y su tamaño, capacidad, etc., porque como esta máquina es muy poco usada en el país y quienes la poseen o desean adquirirla son personas pudientes y tienen seguramente un ingeniero a su disposición, éste debe estar al corriente de todos estos detalles.

**Molino californiano.**—Esta máquina es apropiada para aprovechar las caídas de agua elevadas con volumen moderado o reducido y





para las minas que cuentan con abundancia de minerales. El californiano tiene la ventaja de que sus piezas individuales son livianas y de fácil transporte; la parte más pesada es el eje de los dientes (cuando no se emplea mortero de hierro) cuyo acarreo, por malos caminos, no es problema serio. En cambio, el manejo del aparato sí está un poco fuera de los alcances del mecánico criollo y de los recursos con que se cuenta en muchas de nuestras empresas mineras.

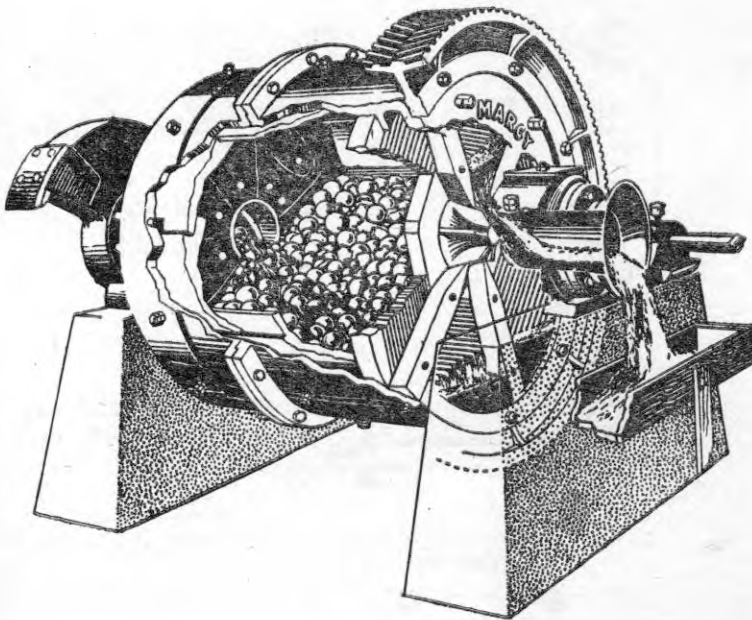


Fig. 19

Cuando el uso de energía eléctrica es imperioso por causas especiales, la aplicación de esta fuerza al californiano tiene sus inconvenientes: los motores usuales son de 1.750 revoluciones por minuto, aproximadamente, y la reducción de esta velocidad a la del eje del molino, 45 ó 50 revoluciones, es casi un problema. Requiere contraeje, bandas largas, relación de poleas muy forzada, etc. Esto sin contar la imposibilidad de echar a andar el molino sin colgar los pisones, por motivo de que los motores eléctricos comunes y corrientes tienen muy poco impulso inicial y es preciso dispararlos sin carga hasta que adquieran la velocidad normal, para ir soltando pisones paulatinamente.

El mortero de los californianos típicos es de hierro fundido en

una sola pieza. Se construyen también, entre nosotros, seccionados para facilitar el transporte, pero en esta forma siempre se corre el riesgo de desajustes y pérdidas consiguientes, debido a la trepidación inherente y obligada de estas máquinas.

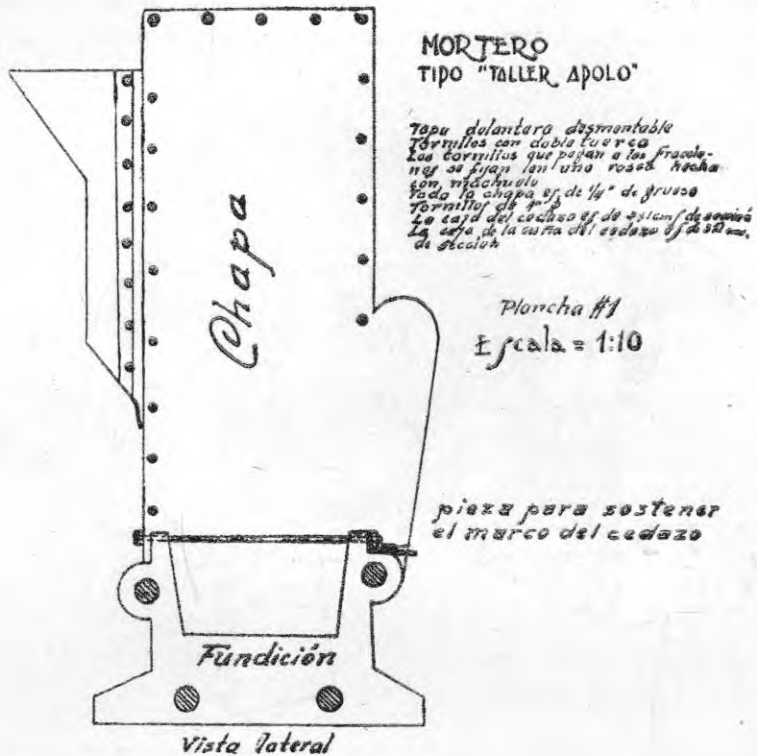
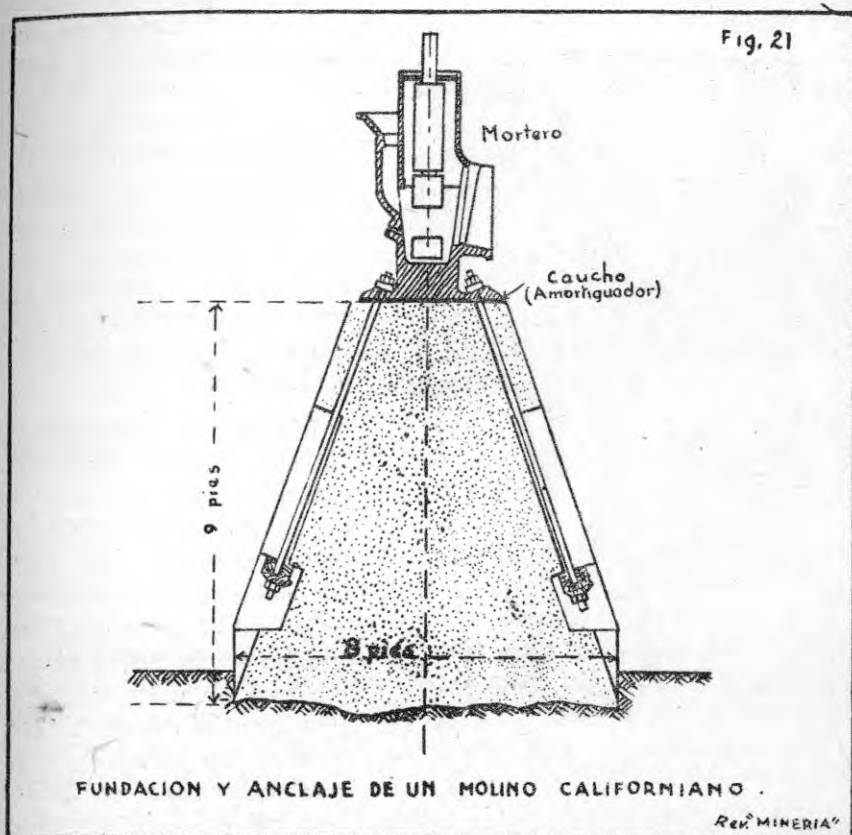


Fig. 20

Se fabrican igualmente morteros forrando el cajón en madera y luego revistiéndolo de lámina gruesa de hierro bien atornillada a los tabloncillos del forro interno. La base y las fundaciones del mortero se han construido con buen éxito de concreto, en vez de grupos de madera. La poca resistencia de las fundaciones es causa muy frecuente de fracasos y deficiencias en el trabajo de los californianos, máquinas pesadas que por el gran impacto de sus pisones requieren una fuerte solidez en sus funciones y anclajes. Parece que es posible llegar a reemplazar las columnas de madera por columnas de cemento armado, que es un recurso en los lugares donde la madera escasea.



Desgraciadamente el mayor inconveniente de los californianos, entre nosotros, proviene de la mala calidad de los materiales usados en su construcción. Este factor es fuente de molestias sin cuento. Los californianos extranjeros tienen todas sus piezas de acero; en cambio los nuestros son de hierro fundido, frágil y blando. Esto por la imposibilidad de fundir acero en nuestros talleres. Los mismos pisones de hierro de fundición sufren generalmente un desgaste disparado, deforman los dados y colean de tal suerte, que desgastan malamente las correderas y sacuden excesivamente el armazón del molino. La capacidad de trituración se reduce considerablemente con ese desgaste irregular de los pisones y dados.

En todo californiano la pieza débil es el eje de los dientes, y tarde o temprano se rompe, debido a que la vibración cristaliza el metal. Siempre al planear un molino de esta clase se debe dar al diámetro del eje de los dientes un buen coeficiente de seguridad.

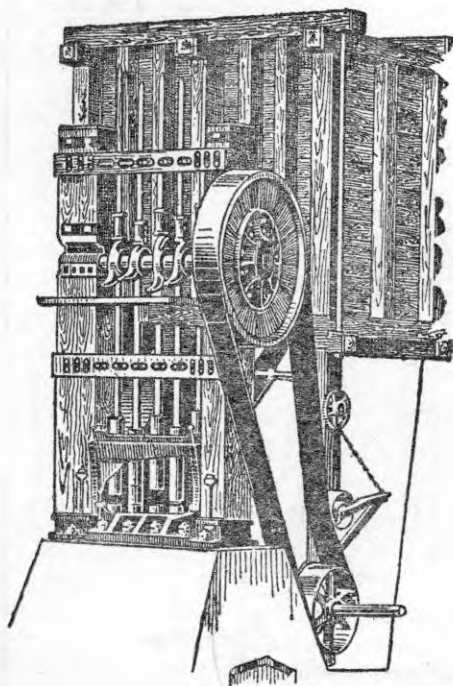


Fig. 22

El californiano no es una máquina apropiada para moler muy menudo; al contrario, en otros países más avanzados en la metalurgia del oro, se le emplea para triturar mineral relativamente muy grueso, y como aparato intermediario entre la quebradora de quijadas y el molino de bolas o de varillas.

#### Molino semi-californiano.

—La ventaja de esta máquina es que mediante la utilización de la rueda de gravedad se puede instalar en lugares donde hay poca caída de agua. Este molino es de mayor eficiencia que el antioqueño. Utiliza la misma rueda de gravedad, de madera, acostumbrada para el molino

antioqueño, con la diferencia de que la longitud del principal se reduce mucho. Tiene lo estrictamente necesario para el acomodo de los brazos de la rueda y para penetrar un poco en el salón del molino. Allí lleva el principal un guiño metálico al cual se acopla un engranaje de hierro fundido para transmitir el movimiento de rotación, multiplicado, al eje de hierro que lleva los dientes. El guiño del otro extremo es semejante al de los molinos antioqueños. Los cabos, aspás, eje y dientes, son de metal, de suerte que viene a ser un molino californiano accionado por rueda de madera. En los lugares donde resulta muy costoso un principal de madera, es aconsejable un semicaliforniano para aprovechar gran volumen de agua con poca caída.

A veces se construye otro tipo de semicaliforniano con estas características: gran altura de caída, tubería, pelton, contra-eje, bandas, eje y dientes metálicos, para mover pisonés de madera. No vemos la razón de ser de este aparato.

**Molino antioqueño.**—Apuntaremos algunas sugerencias útiles para los que tengan molinos antioqueños de madera.

Los "principales" o ejes de madera empleados en estos molinos van escaseando y muchas veces es un problema procurárselos. Un principal de 24 ó 26 pulgadas de diámetro, que permita acomodarle 5 golpes por pisón, para cada revolución de la rueda, no se encuentra fácilmente y cuesta mucho dinero.

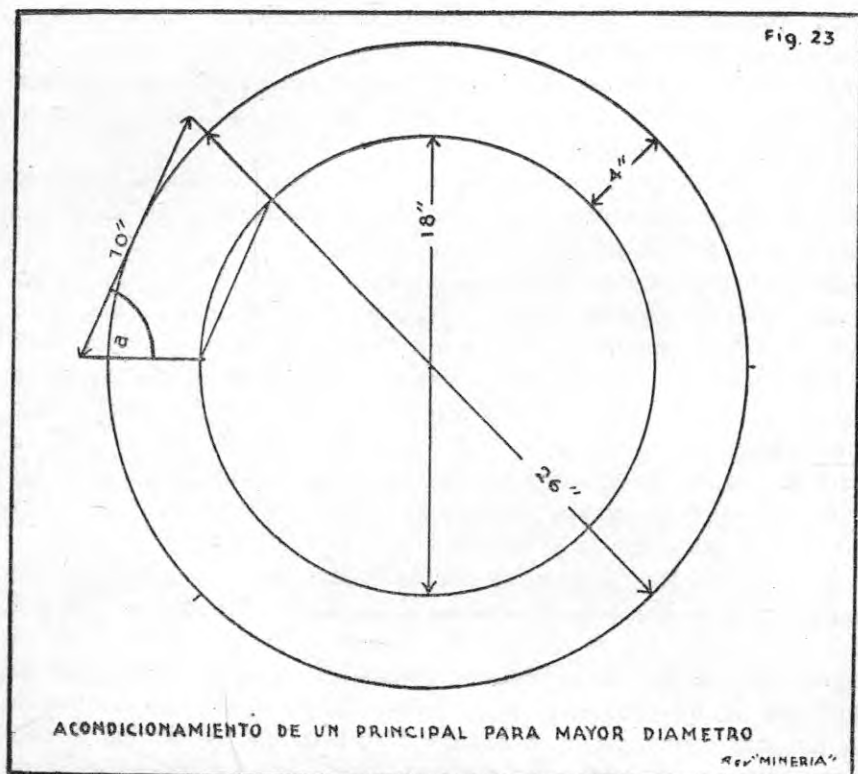
En la forma que vamos a aconsejar y que ya hemos probado con éxito, se puede obtener un árbol para molinos de madera, con capacidad para 5 golpes, a un precio moderado.

Se arregla un tronco de buena madera, de 14, 16, 18 ó 20 pulgadas de diámetro, lo más grueso posible, calibrándolo bien en forma cilíndrica. Supongamos que el eje quede con un diámetro definitivo de 18 pulgadas y que se desee tener un eje con 26 pulgadas en la zona de las escopladuras de los dientes. Se empieza por definir bien y trazar sobre el eje delgado la zona de los dientes, aumentando a cada lado del trazo, y por fuera de los dientes extremos, hacia las puntas del eje 8 pulgadas. Se obtiene así la longitud de los tablonés o duelas que han de servir para engrosar el principal.

El ancho de los tablonés se consigue dividiendo la circunferencia exterior del árbol como ha de quedar después de enduelado —26 pulgadas (0.66 m.)— por el número de duelas (8 en la figura). Con las dimensiones que hemos adoptado en este ejemplo, el ancho nos resulta 0.259 m., un poco más de 10 pulgadas, de modo que adoptando  $10\frac{3}{4}$  pulgadas estamos en lo seguro. El grueso de las duelas lo buscamos restando del radio del eje aumentado, (13 pulgadas) el radio del eje delgado (9 pulgadas), lo cual da 4 pulgadas. Adoptemos  $4\frac{3}{4}$  para atender a pequeñas correcciones. Las duelas hay que procurárselas de dimensiones libres, de buena madera, muy sanas y bien secas. Si la madera estuviere húmeda al enduelar el eje, las duelas se enjutarían al secarse y vendría posteriormente flojedad y desajuste. El ángulo que debe darse a las duelas se puede obtener haciendo en una tabla un trazo semejante al de la figura 23 y fijando en el ángulo de carpintero el ángulo marcado en la figura con la letra a. Es conveniente, pero no indispensable, darle a las duelas la curvatura que corresponda en la cara que va aplicada contra el eje. Esto es sencillo de obtener con la azuela gurbia y con una plantilla de tabla acondicionada a esta curvatura.

La curvatura exterior correspondiente a un principal de 26 pulgadas se le da asegurando las duelas en el eje en la forma definitiva como han de quedar y procediendo como de costumbre para calibrar los principales. Todo esto terminado, se procede a asegurar las duelas al árbol, lo cual se hace zunchándolo con hierro redondo de  $5/8$ ", en tramos de longitud apropiada, con cabeza en una extremidad





y rosca en la otra. Un zuncho para cada espacio entre los pisones y uno en cada extremidad de las duelas es suficiente. Los zunchos se aprietan utilizando candados pequeños de hierro fundido, como los que se emplean para las tinas de cianuración. No conviene extremar el diámetro del eje por lo bajo, pues se presenta la dificultad de asegurar los guijos de hierro en las extremidades. Con un eje muy delgado aquéllos quedan muy susceptibles de aflojarse.

Una vez enduelado definitivamente el principal, se procede a romper las escopladuras para los dientes, de la manera usual.

Este procedimiento que acabamos de describir no es cosa complicada ni costosa; un carpintero común y corriente puede llevarlo a cabo muy satisfactoriamente.

Otro factor que se debe tener en cuenta al fijar el diámetro del eje delgado que ha de servir de núcleo, es que su diámetro no sea tan reducido que no permita acomodar las cajas para los brazos de la rueda a distancias seguras, que garanticen buena resistencia.

Generalmente los molinos de madera fallan y su vida se acorta



el principal y el aspa del pisón. Este diámetro se divide en tres partes iguales, de las cuales se toman dos, que han de servir de radio a la curva de los dientes o levas. Haciendo el trabajo gráficamente, como lo muestra la figura 24, una punta del compás se coloca en D (punto por donde pasa el radio horizontal, que es uno de los que dividen la circunferencia en 5 partes) y con radio igual a BD se describe el arco GAH; haciendo ahora centro en el punto A, y con el mismo radio, se describe el arco FDH. Desde el punto H donde se cruzan los dos arcos trazados, se lleva una línea hasta el centro I del principal, línea que corresponde al centro de la espiga J de la leva; dicha espiga debe ser de  $3\frac{1}{2}$  pulgadas de profundidad por 2.7 de ancho y 6 de largo; esta última dimensión corresponde al espesor del aspa L del pisón.

L es el aspa que sube desde L hasta L', o sea 14 pulgadas aproximadamente, golpe que puede graduarse quitando los sobrepuestos de O y colocándolos en O'; el golpe se aumenta bajando el aspa y merma al subirla; lo mismo sucede acercando o apartando el principal de las columnas.

Los dientes o levas se cortan por la cara superior según la curva FDH, y por la cara inferior según cualquiera de las rectas AH o GH, como se indica en la figura; sólo así no se dificulta el descenso vertical del pisón.

Q es un tarugo de madera que fija el aspa; a ésta se le puede poner un sobrepuesto de cobre entre D y W para evitar el desgaste producido por la fricción.

W es el espacio libre entre la leva y el cabo del pisón".

**Colocación de las levas o dientes en el principal.**—"La figura 25 representa la parte del principal en donde se colocan los dientes, desarrollada, es decir, extendida sobre un plano; esto significa que si se construye a escala, sobre un papel, una figura semejante a ésta, y luego se saca y se envuelve sobre la parte del principal que representa, la cubrirá exactamente, es decir, coincidirá con su superficie, de manera que se encontrará la línea AB con la CD; en otros términos, el desarrollo de la parte del principal en cuestión, es la huella que éste dejaría si se pusiera tinta en su superficie y se hiciera rodar luego sobre un papel blanco, teniendo cuidado de que diera exactamente una vuelta. Así pues, las escopladuras deben practicarse en el principal como lo indican los rectángulos de líneas gruesas, para obtener los golpes en el orden que en la figura se indica. Se explica a continuación la manera de ejecutar el trabajo en un principal de 22 pulgadas (= 55.88 cm.) de diámetro, de 5 levas y para 5 pisones, que es el representado en la figura 25.

# COLOCACION DE LAS LEVAS O DIENTES EN EL PRINCIPAL

— MOLINO DE MADERA —

ESCALA PARA LA FIGURA I

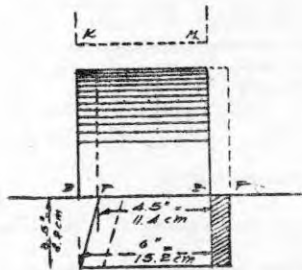
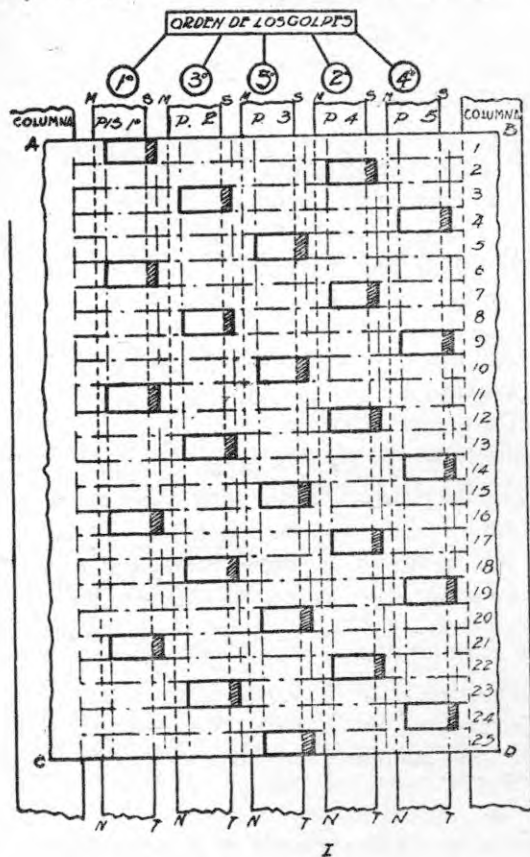
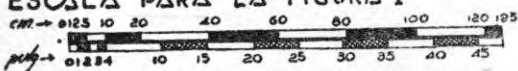


Fig. 25

Después de montado el principal sobre los burros, se pone en movimiento y se tornea la parte donde han de ir los dientes, o sea la comprendida entre las columnas. Se procede en seguida a dividir este espacio, en el sentido del eje u horizontal, en un número de partes iguales al producto del número de levas o dientes por el de pisonos; en este caso el producto será  $5 \times 5 = 25$ . Para hacer esta división se envuelve en el principal, y en frente de cada columna, una tira de papel previamente dividida en 25 partes iguales; (1) se unen luego las divisiones de una tira con las de la otra por medio de líneas que deben resultar horizontales, o paralelas al eje principal, pues las dos tiras deben haberse colocado de manera que las divisiones de una queden exactamente en frente de las de la otra; de esta manera queda hecha la división.

A continuación, dando vueltas al principal se trazan, a torno, rayas en el sentido de la circunferencia o vertical, a una distancia EF de los orillos de cada pison, MN y ST. Más abajo se explica qué cantidad debe tomarse para EF.

Hasta aquí está terminado el trabajo de delineación, quedando el principal rayado horizontal y verticalmente como lo indican las líneas de trazos y puntos (— . — . — . — . —) en la figura.

Se practican ahora las escopladuras o cajas para las levas; se dan aquí indicaciones para la forma que debe darse a tales escopladuras, pero no para la posición que han de ocupar, porque ésta se nota claramente en la figura, y basta fijarse en ella; la columna de números de la derecha, que indica el número de partes en que se ha dividido el principal, facilita el trabajo de localización de las escopladuras.

Las cajas se hacen a un lado de cada pison y no precisamente enfrente de éstos, porque en el espacio rayado EF, que es el mismo que en la figura más pequeña se designa por EF y se raya, se in-

(1) Para dividir en un número cualquiera de partes iguales a la circunferencia, se calcula primero ésta, para lo cual se multiplica el diámetro por 22 y se divide por 7 (si se desea mayor exactitud se multiplica el diámetro por 3.1416, y no se divide); luego se divide el resultado por el número de partes iguales que se deseen, y el cociente da la longitud o espacio ocupado por cada una de las partes. Para el caso de la figura 25 se tiene, por consiguiente:

$$\text{Longitud de la circunferencia} = \frac{22 \times 22}{7} = 69,14 \text{ pulgs.}$$

Para cada una de las 25 partes resulta:

$$\frac{69,14}{25} = 2,76 \text{ pulgadas} = 7,01 \text{ ctms.}$$

Para un molino de 4 dientes y 5 pisonos se divide la circunferencia en 20 partes (porque  $4 \times 5 = 20$ , procediendo como se indicó arriba).



introduce una cuña de su forma, de tal manera que desaloja la espiga y el diente hasta colocar a éste exactamente frente al pisón correspondiente en K, se indica con una crucecita la situación del centro del diente con respecto a la escopladura después de introducida la cuña Q. En la figura pequeña se ve en KM la posición del pisón. (Frente al diente por estar introducida la cuña en EF). Las líneas de punticos, en la misma figura pequeña, indican la posición de la leva antes de meter la cuña en EF. Las dimensiones indicadas en la figura son las más aconsejables para la espiga de la leva".

"La figura 26 nos muestra los esquemas del molino antioqueño, cuyas partes principales son:

- A — Tablero para atajar el agua.
- B — Tablero de la mesa para evitar la salida del agua ocasionada por los golpes del pisón.
- C — Ganchos de hierro para fijar los tableros.
- D — Cernedora inclinada de mallas.
- E — Soporte de la cernedora y del tablero.
- F — Cernedora colocada en sentido horizontal; al salir el agua dando golpe por la cernedora inclinada, hace que el oro que pasa con el material pesado se detenga sobre la mesa; de modo que entre ésta y la cernedora se deposita una buena cantidad de oro y sulfuros cuyo peso específico o gravedad no les permiten volver a salir.
- G — Tablas de la mesa con ranura para asegurar los paños.
- S — Forro de lámina de hierro.
- T — Ensamblés.
- R — Canoa con agua para distribuir a la batería (por el canalito r-r).
- L — Tabla con bisagra que permite la entrada del material pero impide su salida, así como la del agua.
- H — Tolva para echar mineral a la batería; el suelo está en h.
- J — Relleno de peña pisada a golpes de pisón por espacio de una hora u hora y media; durante esta operación el polvo que va saliendo se repone por nueva carga entera; para esto se llena el espacio J de peña y se tiene lista sobre la mesa o suelo de la tolva una cantidad suficiente (media tonelada aproximadamente para un molino de 5 pisonés), que se irá echando a mano al pisón correspondiente, hasta que su altura lo indique, y salte o retroceda al dar el golpe. Para hacer esto no es necesario tener puesta la cernedora.
- K — Forro de tablones de la batería.
- M — Espacio libre entre el pisón y el forro de la batería.
- P — Pisón de hierro.



- O—Zunchos que se ponen al cabo del pisón para evitar que se raje con la espiga cónica Y. (Estos zunchos se introducen calientes para que ejerzan en el cabo la compresión suficiente al contraerse por el enfriamiento).
- W—Cuarterones de madera clavados de punta para mantener firme el piso J.

La figura de trazos L' indica la posición que puede tomar la tabla L al girar sobre la bisagra en el sentido o dirección que indica la flecha, dirección ésta que le imprime el material al entrar".

**Maderas y herraje.**—El cuadro siguiente da la lista aproximada de las maderas y el herraje necesarios para la construcción de un molino antioqueño de 5 pisones, como el que ilustra el diseño de la figura 27. (Datos del ingeniero Gilberto Botero.—"MINERIA", N° 69).

A	3	Columnas
B	3	Bancos para base
C	6	Cabos para pisones
D	2	Cabezales para los burros
E	2	Bancos para base de los burros
F	4	Parales para los burros
G	6	Diagonales para las columnas
H	4	Cuadros, largueros para la prensa
I	4	" travesaños
J	4	" para cepos
K	2	" para aspás
L	2	" para dientes
M	2	" para pasadores
N	8	" para corredera de los pisones
O	4	" para lleno de la batería
P	20	Tablones para forro de la batería
Q	20	" para tolva
R	2	Cuadros para cuñas
S	2	" para unión de la base
	50	Tablas para mesa, cajones etc.
	50	" para forro y cancel
T	5	Cuñas para la prensa, lado de la tolva
T'	5	Cuñas para la prensa, lado de la mesa
	30	Cuadros para canes
		<b>Herraje</b>
	6	Tornillos para apretar
	6	" " "
	6	" " "

6	Tornillos para apretar
2	Abrazaderas de 1" × 2½"
4	Correderas de 1"
4	Tornillos de 3/4"
2	Abrazaderas de 1" × 2½"

Para terminar estas anotaciones sobre el molino antioqueño, resumimos en los siguientes puntos las ventajas, que en nuestro concepto, presenta esta máquina, a pesar de su poca eficiencia (aproximadamente 60%):

1º Requiere poca caída y un volumen de agua fácil de obtener (de 30 litros por segundo en adelante).

2º Su construcción, casi totalmente de madera, facilita su instalación en sitios apartados, desprovistos de recursos.

3º Tanto su construcción, como manejo y reparación son muy sencillos.

4º Su bajo precio.

Naturalmente que este molino apenas es aconsejable para minas pequeñas que beneficien poco mineral, pudiéramos decir que para lo que llamamos "minas de pobres", que refiriéndose a explotaciones de vetas, son la gran mayoría entre nosotros. Si se trata de un beneficio apreciable o de una inversión de capital en una mina de potencia de mineral y riqueza comprobada, claro está que lo más aconsejable es apelar a molinos más capaces y eficientes, como los de bolas o los californianos, aun cuando estos últimos empiezan a ser hoy reemplazados o preferidos a los primeros.

En el N° 69 de la Revista "MINERIA" se encuentran mayores detalles sobre el molino antioqueño.

**La rueda hidráulica.**—En el país se ha generalizado mucho la obtención de energía mediante el aprovechamiento de la rueda hidráulica. Su instalación se hace principalmente con el fin de accionar molinos antioqueños destinados a la trituración de minerales, pero se utiliza igualmente la rueda hidráulica, entre nosotros, para el funcionamiento de las máquinas o trapiches empleados en el beneficio de la caña para la producción de la panela.

Las principales ventajas de la rueda hidráulica, tal como se la utiliza en nuestras minas y trapiches, son:

1º—Requiere poca caída y la descarga de agua necesaria es relativamente baja. Con 7 metros de caída, por ejemplo, y una descarga de 40 litros por segundo, se obtiene una potencia aproximada de 3 caballos, con la cual puede accionarse un molino antioqueño de 4 piones;

2º—Para el funcionamiento de la rueda hidráulica pueden utilizarse aguas lodosas o que contengan arenas, cosa que no podría hacerse con las ruedas pelton y turbinas, porque no durarían nada las tuberías ni los canchilones;

3º—Su construcción es relativamente fácil, no exigiendo como herraje sino unas cuantas abrazaderas y pernos, lo cual permite su instalación en lugares apartados y desprovistos de recursos;

4º—Cuando se construye de buena madera tiene una larga duración y su reparación es muy sencilla.

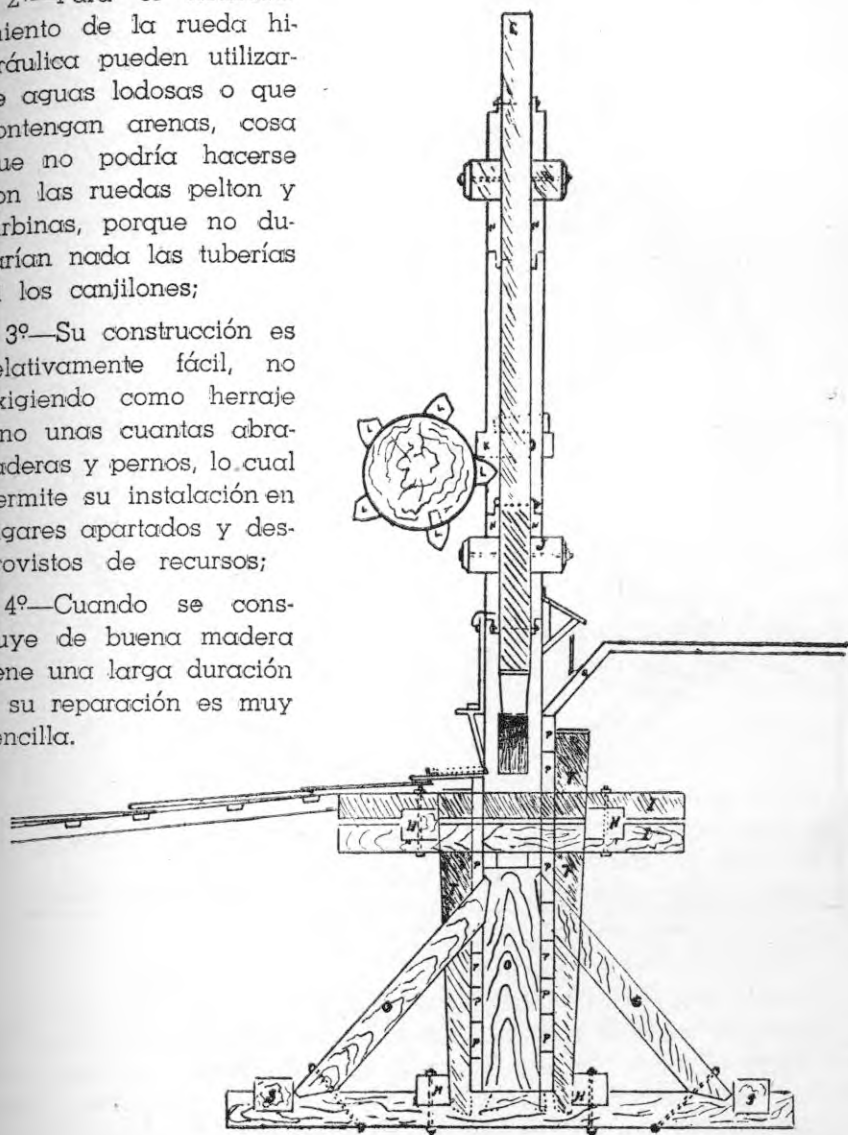


Fig. 27

Estas ruedas trabajan en los molinos a poca velocidad, unas 12 revoluciones por minuto aproximadamente, y para que su eficiencia llegue al 70% es necesario que esté convenientemente dispuesta y que tenga el debido perfeccionamiento de la mano de obra.



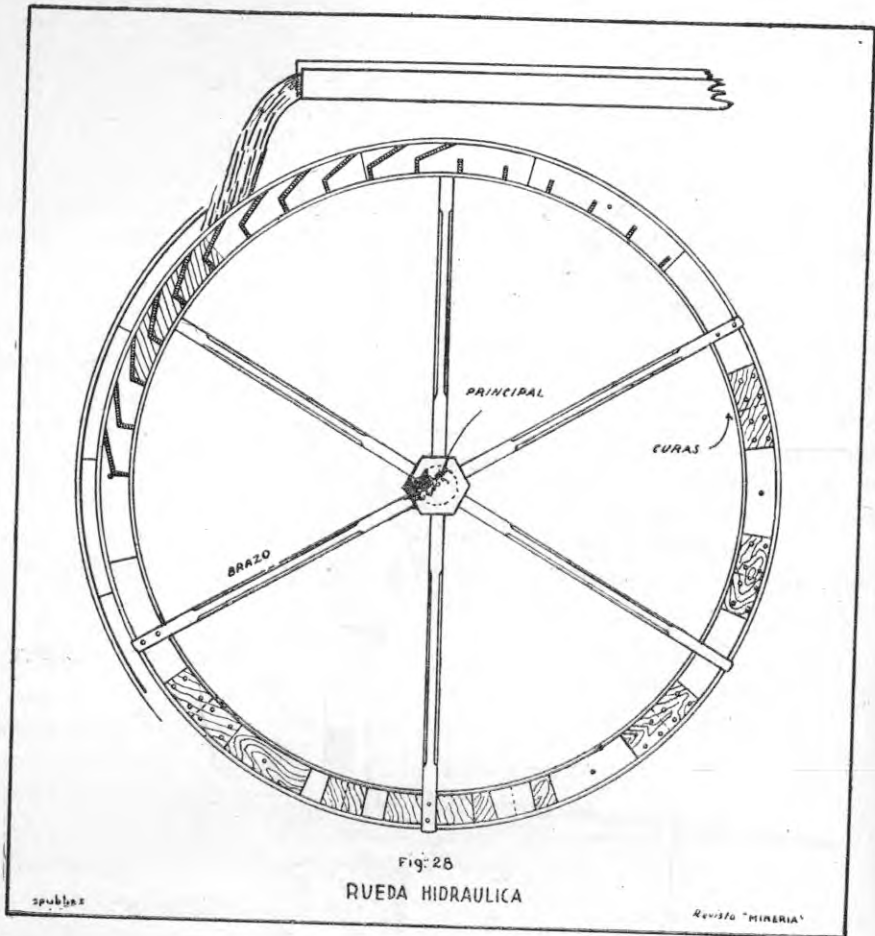


Fig. 28

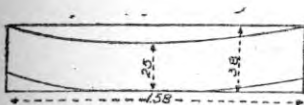
Para que la rueda pueda aprovechar toda su eficiencia, utilizando la descarga total, se requiere que el agua derrame con la mínima velocidad, evitando en esta forma el impacto fuerte contra los cajones, lo cual ocasionaría pérdida de agua con la consiguiente disminución de la potencia. La rueda debe mantenerse bien equilibrada y húmeda, esto último para evitar desajustes; deberá girar en el sentido del movimiento del agua y no devolver ésta bruscamente, como ocurre muchas veces, con el objeto de invertir la dirección en que debería girar la rueda. Consideramos que es inútil la instalación del cajón inclinado llamado "gallinazo", que se acostumbra poner con tanta frecuencia en el terminal del encajonado, es decir, en el sitio don-

de el agua derrama a la rueda. Las figuras 28, 29 a y 29 b muestran en esquema la disposición de una rueda hidráulica, las maderas que se requieren y el trazo de las curvas. La figura 30 ilustra la colocación de la rueda en el principal y su posición con relación al molino.

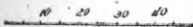
Es lógico que para obtener la mayor eficiencia en la rueda

Cantidad	Piezas	Largo		Ancho Cents	Gruaso Cents
		metros	cents		
<i>Madera</i>					
1	Principal (a) .....	6	80	40	
24	Curvas (b) .....	1	58	38	11
24	Ensamblés (c) .....		80	26	10
12	Brazos (d) .....	2	50	16	10
8	Curvas de contrarueda (e) .....	1	20	22	2 5
12	Tablones para los cajones .....	3	50	35	3
12	Tablones para subidas (f) .....	3	50	13	3
50	Tablas para ferra, rueda de .....	3	20	20	2
2	Cuadros para curvas .....	3	00	10	5
200	Tarugos para rasca .....		15	3	
<i>Hierro</i>					
6	Tornillos para apretar .....		85	25	
6	" .....		71	25	
12	" .....		20	25	

Fig. 29 a



Trazo de curva



MINISTERIO DE INDUSTRIAS

Deplo de Minas y Petroleo

Bogotá Mayo 1934

H E White U.

REVISTA "MINERIA"

N.º 46 "Injardé"

Fig. 29 b

hidráulica, deberá procurarse que mientras ésta gire se mantengan llenos o casi llenos con agua el mayor número de cajones, en la parte derecha de ésta, o sea en la zona que baja, estando completamente vacíos los del lado opuesto, pues, como es bien sabido, lo que impulsa la rueda es el peso del agua depositada en los cajones. La figura 31 indica la manera deficiente como se aplica muchas veces el agua a la rueda, error que se comete con bastante frecuencia.

También se construyen ruedas hidráulicas que utilizan el agua por debajo. Igualmente se emplean para accionar los arrastres, pequeñas ruedas de madera que trabajan horizontalmente y por impulso, como lo indican las figuras 33 y 34. (Véase "Molino de Arrastre").

**Molino de arrastre.**—Es esta una máquina muy elemental, sencilla

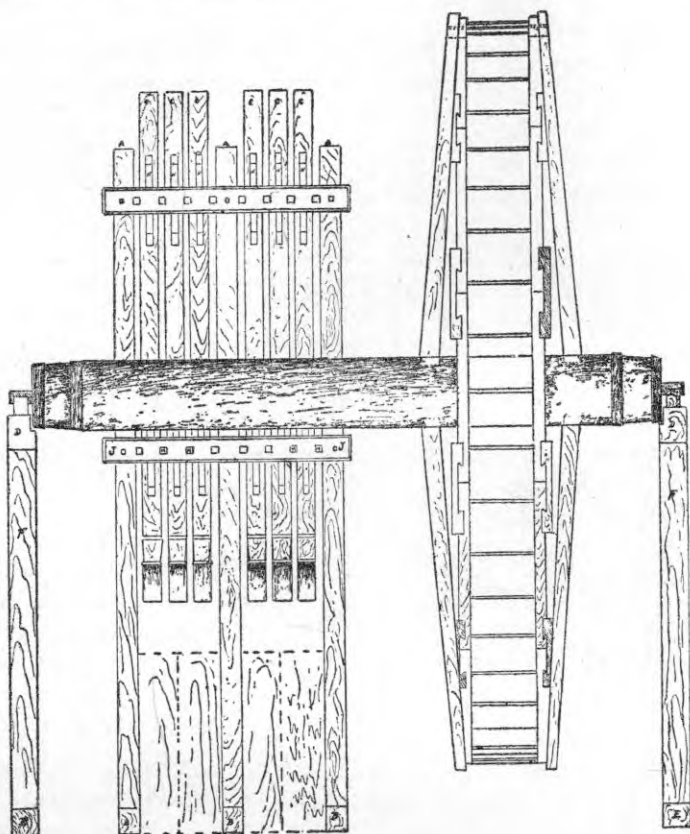
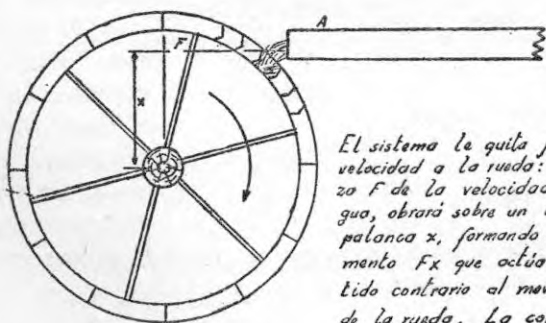


Fig. 30



dib. "Indarde"

El sistema le quita fuerza y velocidad a la rueda: la fuerza  $F$  de la velocidad del agua, obrará sobre un brazo de palanca  $x$ , formando un momento  $Fx$  que actúa en sentido contrario al movimiento de la rueda. La colocación de la cona  $A$ , hace que las piedras y arañas que arrastra el agua, golpeen constantemente las paletas y las detenerán.

Fig. 31

lla, y barata de construir y sostener. Su capacidad es muy limitada, lo mismo que su empleo. El arrastre está casi reducido a triturar a fino arenas o concentrados ricos, con el fin de extraerles el oro libre que buenamente puedan producir. Ordinariamente funciona como auxiliar del molino antioqueño y es movido por el mismo árbol del molino mediante un engranaje de madera como el indicado en la figura 32.

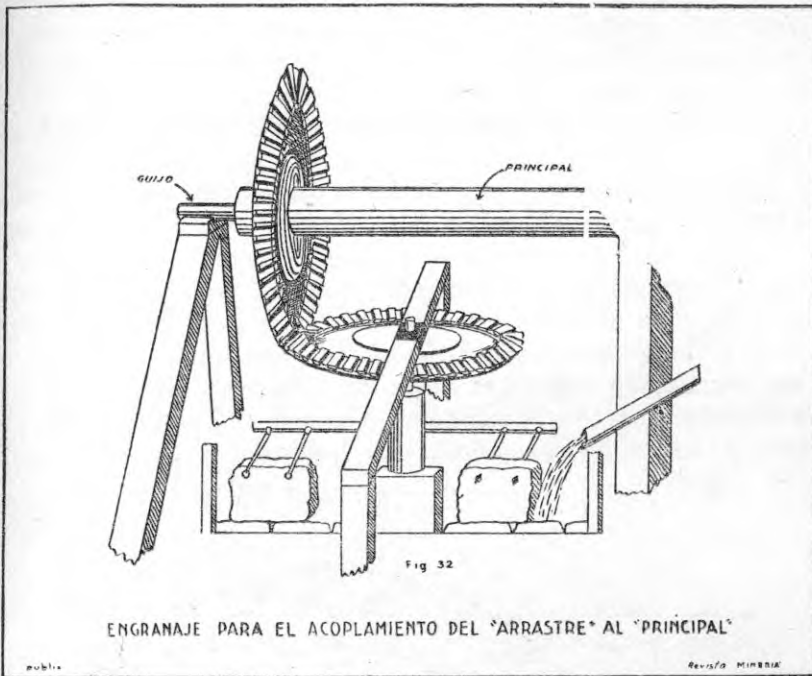


Fig. 32

La costumbre que tienen los mineros de triturar a fino las jaguas y recortes y las cabeceras ricas de los depósitos de arenas, utilizando el arrastre, no deja de tener sus inconvenientes, como ya lo dijimos antes. Es absolutamente seguro que con este procedimiento acostumbrado, apenas se logra extraer una porción muy pequeña del oro contenido en los materiales que se benefician. Por otra parte, el mineral se reduce a un polvo excesivamente fino, a lodos o vites, y es bien sabido que estos lodos son muy difíciles de recoger y lo que se recupera, siempre una porción muy limitada, se obtiene en una forma muy inconveniente para cualquier otro tratamiento posterior, cianura-

ción por ejemplo, porque impide la fácil percolación de la solución. Parece mucho más lógico acumular con esmero y cuidado esos materiales ricos y darles un tratamiento por cianuro, en un tanque pequeño apropiado al caso, o beneficiarlos, acomodándolos en la superficie y sobre la arena de una tina que se esté cianurando, extendiendo el material en capa delgada y pareja. Como estos minerales ricos seguramente necesitarán mayor tiempo de tratamiento, se pueden retirar de la tina a tiempo de botar las arenas y volverlos a acomodar sobre la carga nueva, y así por varias veces hasta agotarlos. Ahora, si son muy ricos o refractarios, queda el recurso de exportarlos o venderlos a empresas que dispongan de medios suficientes para su beneficio.

En el occidente de Antioquia se construyen unos arrastres un poco modificados y su uso no está limitado a remoler arena. Se emplean como máquina trituradora, cebándoles material muy rico, reducido a fragmentos pequeños, alrededor de  $\frac{3}{4}$  de pulgada. Bajo este aspecto el aparato es muy interesante y muy apropiado para minas pequeñas o empresas en sus primeros pasos de desarrollo. En Cañasgordas y Frontino (Antioquia) se ven grupos de estos arrastres acomodados en serie en una quebrada de mucha gradiente, porque en este tipo de arrastres no trabaja la rueda por gravedad, como en el molino antioqueño, sino por impulso, como se ve en las figuras 33 y 34. Además, la rueda no es vertical, sino horizontal y lleva, en vez de cajones, paletas.

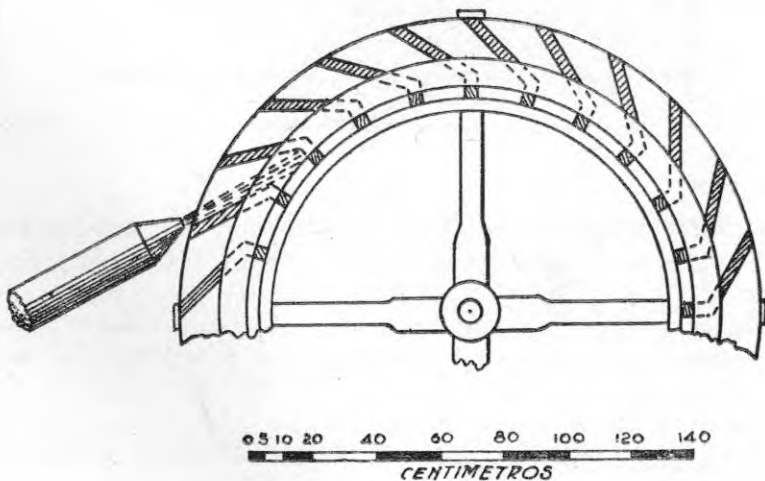


Fig. 33



El agua llega a la rueda por un canal de madera cuadrado y golpea tangencialmente las paletas. El eje es de madera con dos guijos de hierro en las extremidades y funciona verticalmente. El **guijo**

## MOLINO DE ADASTRE

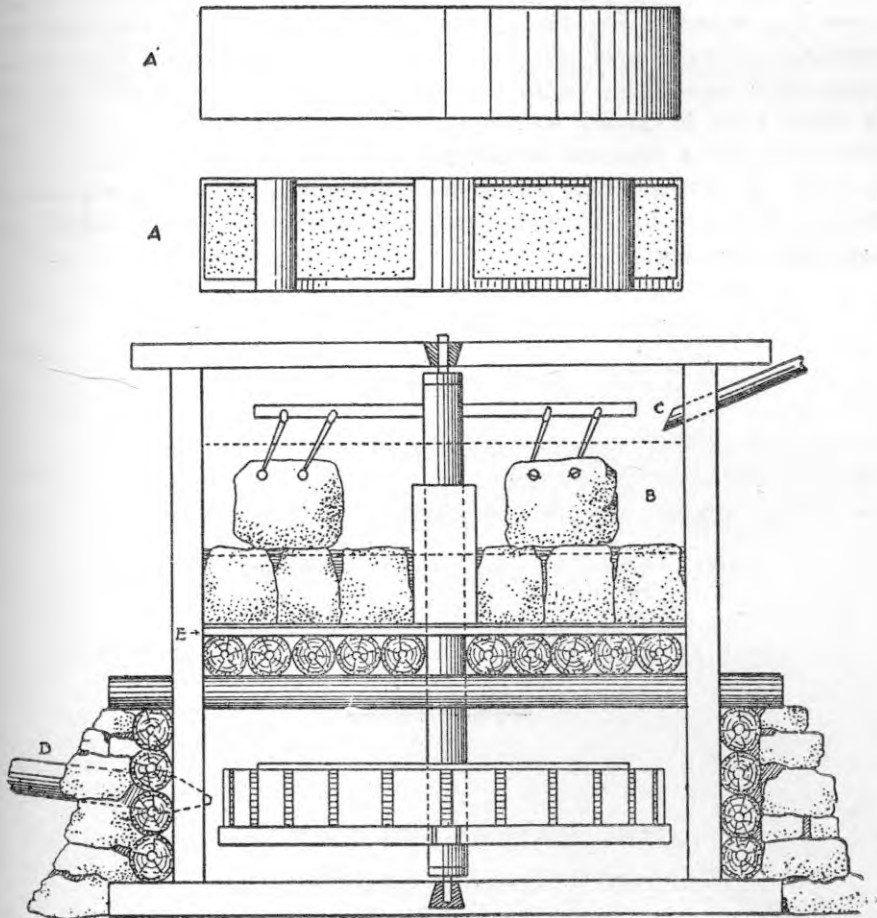


Fig. 34

- A — Parte delantera de la gallera con mallas de 100 puntos por pulgada cuadrada, aproximadamente.
- A' — Parte posterior de la gallera.
- B — Sitio para la gallera.
- C — Agua para la gallera.
- D — Agua para la rueda.
- E — Mesa para concentración que recibe la carga que pasa por las mallas de la gallera A.



# JESUS ESCOBAR ALVAREZ & CIA.

LABORATORIO DE FUNDICION Y ENSAYES  
DE LOS MINEROS DE COLOMBIA

FUNDICION Y ENSAYE DE ORO Y PLATA  
Y DE PRECIPITADOS DE CIANURACION

---

ESTUDIO DEL TRATAMIENTO  
DE MINERALES AUROARGENTIFEROS

---

Referencias: Casa de Moneda de Medellín

### CAPITULO III

Por considerarlo de importancia, anotaremos en esta parte algunas consideraciones sobre el uso y aplicaciones del oro, haciendo igual cosa para el mercurio, ya que el minero debe estar muy familiarizado con estos dos elementos.

#### EL ORO

**Propiedades y usos.**—El oro es un metal de un hermoso color amarillo, susceptible de un gran pulimento, y exhibe en grado máximo lo que se llama brillo metálico. Es extremadamente dúctil y maleable y es posible reducirlo a hilos tenuísimos y a láminas tan delgadas que se dejan atravesar por la luz (1/25.000 de milímetro de espesor). Su densidad es muy elevada, 19.3 y posee propiedades químicas singulares de que gozan muy pocos cuerpos metálicos. Por esto se incluye el oro, con sobrada razón, en el grupo de los metales nobles. Su símbolo químico es Au.

El oro resiste, sin alterarse, la acción del oxígeno del aire, aun a elevada temperatura; los ácidos minerales y vegetales, lo mismo que los álcalis, no lo modifican; no es sensiblemente volátil a la temperatura de fusión y por consiguiente no sufre pérdidas considerables a las repetidas fundiciones a que es necesario someterlo en la industria. Su punto de fusión, aunque elevado, 1063 grados centígrados, no es tan alto que haga la operación difícil como ocurre con el platino, el iridio, etc. El oro unido a otros metales, como el cobre, la plata y el platino, forma ligas muy útiles en la industria y en las artes. Al ligar el oro con 10% de cobre, por ejemplo, se obtiene una aleación prácticamente del mismo color del metal, pero un poco más liviana, inoxidable y bastante más dura que cualesquiera de los componentes (la dureza del oro es 2.5-3). Esta es una propiedad muy valiosa, ya que si se fabrican de oro puro las piezas que sufren un manejo continuo, tales como monedas, anillos, brazaletes y joyas en general, etc., sufrirían un desgaste muy rápido, porque el metal puro

es demasiado blando. Al ligarlo con 10% de cobre, como hemos dicho, el oro no pierde su maleabilidad y en esta forma puede ser troquelado sin gran esfuerzo, traduciendo con rara fidelidad todos los detalles del troquel. Uniendo el oro al platino en proporciones determinadas, se producen ligas muy resistentes a los agentes químicos, que son muy empleados en dentistería. Tales ligas son duras, elásticas y de punto de fusión moderado. Las ligas de oro con paladio, platino y a veces con níquel y otros metales es lo que los joyeros llaman con el nombre genérico de **oro blanco**.

El oro se suelda con mucha facilidad y cuando está puro, recocado y bien desengrasado, se aglomera bajo la acción del golpe o de la presión sin intervención del calor, como es el caso con las láminas delgadísimas que se emplean en dentistería para obturar las cavidades de los dientes.

Con propiedades tan preciosas como las que tiene el oro, no es extraño, pues, que la humanidad en todos los tiempos lo haya buscado con empeño. Su relativa pero no extremada escasez, lo hacen todavía más apetecible. Para la fabricación o acuñación de monedas de valor intrínseco es el metal ideal: valor considerable con poco volumen y peso reducido; aspecto agradable; resistencia a la abrasión o desgaste mecánico, como también al desgaste químico; facilidad para fundirlo, ligarlo, refinarlo, etc. Entre los metales nobles se encuentran también la plata y el platino, pero el primero es relativamente muy abundante y el segundo demasiado escaso y difícil de manejar, no siendo los metales ideales para moneda.

El oro, propiamente hablando, no es un metal industrial y de primera necesidad como son el hierro y el cobre. Se concibe muy bien que la civilización actual pueda prescindir del oro, pero no de los otros dos metales bajos citados. De suerte que el oro vale, es decir, lo podemos cambiar por comodidades, en primer lugar, porque cuesta esfuerzo o trabajo extraerlo y adquirirlo; y en segundo lugar, porque sus propiedades se prestan como las de ningún otro metal al oficio primordial que desempeña: la acuñación. Si de la noche a la mañana se lograra producir el bello metal amarillo con la misma facilidad que se extrae el hierro, veríamos muy pronto el noble metal prostituido.

El oro se encuentra en la naturaleza en dos formas: nativo, es decir, en estado metálico, aleado con metales como la plata, cobre, plomo, etc.; y también combinado con algunos metaloides, como el telurio, arsénico, etc. Aseguran que en el agua del mar hay oro a la rata de 11 miligramos por metro cúbico y no se sabe a ciencia cierta si el metal está propiamente disuelto o al estado coloidal.

En todo caso, los mineros podemos estar por ahora tranquilos, porque el peligro de que se explote con beneficio y en grande escala esa mina líquida está muy remoto.

Casi todas las rocas de la corteza terrestre contienen oro en pequeñas cantidades. La naturaleza en el transcurso de las épocas geológicas de millones y millones de años y con el concurso del calor y de otros agentes físicos y químicos, recogió y acarreó el metal noble a lugares limitados y lo depositó luego en forma más o menos concentrada. De allí la formación de las vetas y los aluviones. El papel del minero es buscar esos lugares de concentración y lograr la extracción del metal hasta obtenerlo en forma comercial.

No nos extendemos aquí sobre la génesis o formación de los aluviones y vetas, porque nos haríamos demasiado extensos y nos saldríamos de los límites de este estudio.

**Recuperación del oro libre.**—Generalmente el oro se encuentra en la naturaleza en estado nativo, como ocurre en las minas de aluvión; pero también se encuentra en muchas vetas en estado combinado y es, entonces, cuando los minerales reciben el nombre de **refractarios**, debido a que su beneficio se hace complicado, como veremos más adelante.

En nuestro país puede decirse que casi todos los ríos y quebradas del occidente colombiano arrastran oro y es común encontrar en las arenas de los ríos, en la explotación de los aluviones, "chicharrones" o granos de oro de diverso tamaño. Así podemos citar como dato curioso el reciente encuentro en el Departamento de Antioquia, Municipio de Puerto Berrío, de un chicharrón de oro bastante puro que pesó 434 castellanos (1.995 gramos). Este grano de oro fue obsequiado por el Departamento de Antioquia a la ciudad de Bogotá, en su IV Centenario.

La extracción del oro libre de los aluviones y vetas no presenta mayores complicaciones, pues en los primeros la operación se reduce a batir el aluvión, desintegrándolo totalmente y obligando toda la carga que se extrae de los apiques, por medio de bombas hidráulicas, a pasar por largos "canalones" en donde el oro, junto con las jaguas, se precipita debido a su mayor densidad, quedándose detenido en los "rifles" o embocados que se colocan en el piso de los canalones. El metal se separa luego de los sulfuros o jaguas valiéndose de los cernedores o haciendo uso de la batea y en último caso del mercurio, para "cortar" los concentrados ricos. Se emplea como catalítico, o sustancia que ayuda a "cortar" o separar el oro, cogollos o ramas de algunas plantas, tales como el llamado entre nosotros chilco, jabonci-



llo, etc. Estos arbustos al triturarlos tienen la propiedad de formar una especie de espuma que contribuye a precipitar el oro fino, evitando que éste se vaya por flotación. Pero ya dijimos que en este estudio nos ocuparemos únicamente de los minerales de veta.

**En los morteros.**—En las vetas el oro libre se extrae después de triturar finamente el mineral, valiéndose de máquinas o molinos especiales como los descritos en el capítulo anterior. El mineral se tritura finamente en los morteros o cajones de los molinos, en donde se deposita el oro más grueso, en lo que llamamos "pisos", los cuales se sacan y se lavan generalmente cada 15 ó 30 días para aprovechar el oro que se ha quedado en los morteros y que es el más grueso que se encuentra en el mineral beneficiado. A veces se suele amalgamar en los morteros, pero no siempre es aconsejable esta operación, pues generalmente se polariza y también se pierde el mercurio, cuando el mortero no es de una sola pieza o enterizo.

Más adelante nos referiremos a las propiedades del mercurio y sus aplicaciones en minería, tratando igualmente sobre los diversos sistemas de amalgamación.

**En los tableros o mesas rayadas.**—Ya dijimos que el oro libre puede recuperarse en primer lugar, siguiendo el proceso general de beneficio, en los morteros o sitio donde el mineral es triturado por los piones del molino. El oro libre que sale de los morteros a través de las mallas, junto con las arenas, jaguas y demás residuos de la trituración, también puede recuperarse en los tableros o mesas del molino. Estos tableros consisten en canalones de madera inclinados, más o menos largos, cuyo fondo también de madera se ha rayado previamente con un punzón y en sentido transversal a las fibras, de tal suerte que la madera del fondo se vuelva áspera, formando una especie de pelusa o mota que viene a ser el obstáculo para detener el oro y los sulfuros o concentrados ricos. Estos deben recogerse de los tableros por ahí cada seis horas, según la carga que se note, o el porcentaje de sulfuros del mineral, puesto que si éstos son muchos deberán lavarse los tableros con mayor frecuencia. El lavado de los tableros o recolección de los sulfuros se hace con cepillos de fibra especiales para este objeto. La carga que se recoge se recorre luego en cernedores, también con fondo rayado, con el fin de concentrar cada vez más los valores ricos para separar el oro y "cortar" luego en la batea recuperando en esta forma el metal libre.

Este sistema de los tableros rayados es el más generalizado entre nosotros y es, indudablemente, el más práctico y eficiente en nuestras pequeñas explotaciones, pues no requiere ninguna técnica ni cui-

dados especiales, como ocurre por ejemplo con las láminas electroplateadas, de las cuales trataremos en este mismo capítulo. Debe escogerse bien la madera del fondo de las mesas con el fin de que éstas al ser rayadas den la fibra o mota conveniente. No es aconsejable utilizar maderas duras, pues éstas al rayarse únicamente dejarán las estrías o hendiduras, pero sin soltar la mota deseada.

En tierras frías se encuentra una madera apropiada para las mesas que en Antioquia se denomina "cañabravo". También se consigue en climas calientes una madera buena que se conoce con el nombre de "cedro cabuyo".

**En los paños o bayetas.**—También se emplean muchas veces paños o bayetas para recoger el oro libre, los cuales se colocan a todo lo largo de las mesas o tableros, obligando la carga a pasar sobre ellos. En este caso las fibras, hilos o acordonado del tejido, detienen el oro libre y los concentrados, haciendo el papel que en párrafo anterior describimos para las mesas rayadas. Para recoger los valores se quita el agua del molino y se levantan periódicamente las bayetas, las cuales se lavan hasta quitarles totalmente el material, que se trata como en el caso anterior. En casi todas las pequeñas minas del país ha sido reemplazado este sistema de los paños por el de los tableros o mesas rayadas.

Hablaremos a continuación sobre las propiedades del mercurio y sus aplicaciones en la industria minera, para continuar inmediatamente después con la recuperación del oro libre por medio de la amalgamación en láminas electroplateadas, barriles, etc.

#### EL MERCURIO, SUS PROPIEDADES Y SUS APLICACIONES EN LA INDUSTRIA MINERA

El mercurio es un metal líquido, inoxidable a la temperatura ordinaria. Es el más denso de los metales comunes y su símbolo químico es Hg. Su gravedad específica es de 13.6 aproximadamente. Es buen conductor de la electricidad y del calor y hierve a la temperatura de 357 grados centígrados.

Este cuerpo se encuentra en la naturaleza en estado nativo y combinado. El sulfuro de mercurio o cinabrio es el compuesto más común del mercurio y del cual se extrae prácticamente todo el metal del comercio.

Las aplicaciones del mercurio son numerosas: se usa en la construcción de termómetros y barómetros; en los laboratorios de física y química se le emplea a diario; es indispensable en la fabricación de fulminantes; en estado metálico y combinado se usa en las farma-

cias. Estudiaremos más a fondo su empleo en la industria minera del oro y de la plata.

El mercurio se liga con la mayor parte de los metales, con los cuales forma aleaciones que llevan el nombre genérico de **amalgama**. Las amalgamas de los metales nobles —oro y plata— son más espesas y menos flúidas que el mercurio puro, pero conservan el brillo de aquél. En cambio, las amalgamas de los metales bajos —plomo, zinc, estaño, etc.— presentan superficies mate (sucias). Una gota de mercurio que contenga un poco de aquellos cuerpos en solución no presenta la forma esférica tan característica del metal puro y **hace cola** cuando se la hace correr por una superficie lisa. El mercurio en este estado —es decir combinado con metales bajos— es muy impropio para la amalgamación de los metales nobles, porque pierde su afinidad o tendencia a combinarse, debido a la película de óxido metálico bajo que cubre la superficie de las partículas. Tiene además la tendencia de subdividirse indefinidamente y tomar la forma de flor de mercurio. El metal en este estado es casi imposible de recuperar y acarrea enorme pérdida en la amalgamación.

Otros elementos no metálicos —azufre, arsénico, etc.— tienen el mismo efecto **amortiguador** sobre el mercurio. Lo mismo las grasas y algunas sales metálicas, como el cloruro de calcio. Es muy importante para el minero conocer las causas de las **enfermedades** del mercurio y saber combatir las.

Es bien sabido que para obtener reacciones químicas rápidas, uno de los factores esenciales es el contacto íntimo. Este no puede conseguirse en la amalgamación sino procurando una gran superficie y haciendo que ésta se encuentre limpia. A lo primero se llega subdividiendo el metal líquido lo más posible sin avanzar hasta el estado de flor; lo segundo se consigue empleando metal muy puro. A veces no es el mal estado del mercurio el responsable de amalgamación deficiente, sino la condición especial de las partículas de oro: engrasadas, cubiertas con películas de óxido, sulfuro, sílice, calcáreo, etc. Una observación cuidadosa puede, indicando la causa, sugerir el remedio. Por lo general, cuando no se trata mercurio **muerto**, la amalgamación se facilita con la fricción que limpia por abrasión las partículas de oro. Por eso el minero cuando pretende amalgamar sus recortes los amasa, restiega y bate en la batea por un tiempo largo; y en otros casos los lleva al arrastre donde, si es verdad que se expone a volver el mercurio flor por exceso de trituración, pone el oro en las mejores condiciones de limpiar su superficie.

Vale la pena estudiar en detalle y sistemáticamente todos los factores que contribuyen a la amalgamación efectiva. Vamos a ello.

**Estado del mercurio.**—La pureza de este metal se reconoce, como ya dijimos, por su fluidez y brillo; por la esfericidad que presentan las gotas de volumen mediano, o porque no **hace cola** al rodar por un vidrio. Si faltan estas condiciones, se debe refinar el metal o purificarlo, lo cual puede obtenerse por procedimientos mecánicos y químicos. Lo más sencillo es pasarlo o filtrarlo a través de una tela de tejido muy apretado, o destilarlo. Ya hablaremos de la destilación con más detalles.

El mercurio engrasado se acondiciona tratándolo con un álcali, (soda cáustica, potasa cáustica, amoníaco, carbonato o bicarbonato de sodio, etc.) disuelto en agua. Estos compuestos jabonifican y hacen solubles las grasas animales y vegetales. No son tan efectivos cuando se trata de aceites o grasas minerales, porque éstas no son jabonificables. La cal sola no sirve porque forma con las grasas jabones insolubles que permanecen adheridos a la superficie de las partículas de mercurio o de metal noble. Los mineros usan con mucha razón, a falta de reactivo más civilizado, la ceniza de madera y el jugo de algunas plantas para desengrasar —cortar la grasa— del mercurio y del oro. La ceniza de madera contiene carbonato de potasio, buen jabonificador, y los jugos de algunas hierbas y arbustos una sustancia llamada saponina capaz de emulsionar y eliminar o hacer casi soluble las grasas. El pericarpio o corteza de la **chumbimba** contiene buena cantidad de saponina. Lo propio ocurre con el **chilco**. La destilación sola no elimina siempre las grasas: depende de la temperatura de combustión de éstas y de su volatilidad.

Hay un procedimiento de **avivar** el mercurio, muy eficaz aunque no siempre al alcance de los recursos del minero y de sus conocimientos. Lo detallaremos por vía de información e ilustración. Consiste en añadir al metal líquido un poco de amalgama de sodio; el sodio es un metal eminentemente oxidable, tanto que en contacto con el agua la descompone a la temperatura ordinaria con gran rapidez y con desprendimiento de calor, apoderándose del oxígeno y dejando libre el hidrógeno, que se desprende en forma de burbujas. El sodio en esta reacción se combina con una porción de la molécula o partícula de agua y forma soda cáustica, eliminando el resto de la molécula —hidrógeno gaseoso—. De modo que el mercurio con un poco de sodio en disolución descompone el agua. Se forma, por una parte, soda cáustica que jabonifica las grasas y por otra, hidrógeno que ataca y descompone los óxidos metálicos que en forma de películas aisladoras matan el mercurio. Cuando se emplea la amalgama de sodio para amalgamar oro debe procederse con rapidez antes de que el mercurio pierda todo su sodio en contacto con el agua. La



amalgama de sodio debe conservarse en frascos bien tapados de modo que no llegue a ella el aire húmedo, que produciría por el agua que contiene, el mismo efecto del agua líquida.

Y la amalgama de sodio cómo puede producirse? Añadiendo en frío a cada libra de mercurio un pedazo de sodio del tamaño de un grano de cacao. Añadir, con unas pinzas a buena distancia y hurtar el cuerpo, porque la reacción es a veces explosiva y siempre se efectúa con proyecciones de material. Nunca debe calentarse el mercurio y sí usarlo muy seco y luego guardarlo, como se dijo, fuera del contacto del aire. Puede cubrirse la amalgama con petróleo seco.

Es fácil producir amalgama de sodio sometiendo el mercurio a la acción de una corriente eléctrica, continua, dentro de un baño de cloruro de sodio o sal de cocina. El metal se encierra dentro de un saquito de tela fina, luego se sumerge éste en la solución de sal. El polo positivo de la pila, acumulador, o dinamo, se pone en contacto con la salmuera y el negativo con el mercurio. Como terminales del circuito metálico deben emplearse carbones como los de las pilas eléctricas de bolsillo, porque si fueran metálicos serían atacados y destruidos por los elementos que se desprenden en los polos dentro del electrolito.

El cloruro de sodio se descompone por la acción de la corriente: el sodio se amalgama con el mercurio y el cloro se desprende en forma gaseosa. Después de una acción más o menos prolongada, según la intensidad de la corriente, del voltaje, de la masa del mercurio, etc., se retira el metal, se seca rápidamente y se conserva en seco. La corriente alternada no sirve para el caso, porque la pulsación eléctrica en un sentido produce un efecto que viene a ser anulado por la pulsación siguiente en sentido contrario. Sería preciso enlazar la corriente con un rectificador o eliminar las corrientes en un mismo sentido con una válvula.

#### **Recuperación del mercurio.—Quemada de la amalgama.—Retortada.**

Como el mercurio es un metal costoso, es importante para el minero que sepa recuperarlo de las amalgamas con la menor pérdida posible. Ante todo debe exprimirse la pasta con el mayor cuidado, empleando, si no es mucha complicación, agua caliente para hacer más fluido el metal, y proceder a la vez sobre masas no muy grandes de aleación. El sistema común y corriente es el de envolver la amalgama en una tela fuerte o gruesa y retorcer ésta vigorosamente. Al final de la operación ayuda mucho a eliminar el azogue, darle al paquete sacudidas secas sobre una vasija de boca amplia. El res-



to del mercurio se debe separar por destilación. Si la cantidad de amalgama no fuere apreciable, no vale la pena entrar a **retortar** y se procede a **quemarla** a fuego abierto sobre una hoja metálica, un ties-to, etc., procurando no apurar demasiado el fuego para no fundir los metales nobles. La temperatura debe elevarse gradualmente, sobre todo al principio, con el fin de evitar explosiones que producen pérdidas inevitables de materia, con el consiguiente resquebrajamiento de la amalgama.

Cuando la amalgama contiene, a más de oro y plata, plomo y zinc, el metal que resulta después de la eliminación del mercurio, presenta un aspecto oxidado, sucio, desprovisto de brillo metálico. Además, la pasta es muy fusible y se requiere el mayor cuidado para evitar que se licúe y se escurra o se adhiera y **caldée** a la vasija en el proceso de destilación o **quemada**.

En caso de que por la cuantía de la amalgama sea conveniente retortarla para recuperar el azogue, se debe proceder de la manera siguiente: Emplear una retorta de capacidad tal que la pasta no ocupe más de las dos terceras partes del espacio utilizable. Proteger el interior del aparato con plombagina, una capa delgada de arcilla, cal, yeso, talco, etc., para evitar que el oro se pegue al hierro. En ningún caso se debe usar grasa, aceite, o jabón, porque a más de no obtenerse con esos cuerpos el objetivo que se busca, puesto que dichas sustancias son combustibles y se destruyen, resulta, además, el inconveniente de que por destilación, los cuerpos grasos pasan con el mercurio y lo alteran. En caso de no tener a mano algunas de las materias enumeradas para proteger el interior de la retorta, se puede emplear un pedazo de papel o de tela delgada interpuesto entre la amalgama y la retorta.

Ya se dijo que el mercurio hierve a 357 grados y por lo tanto se debe pasar de esta temperatura para efectuar la destilación completa del metal líquido. Conviene elevar el calor hasta el rojo oscuro para que la operación sea completa, pero en ningún caso pasar de allí, so pena de fundir el metal valioso y pegarlo a la retorta y aun averiar ésta. Es la costumbre construir las retortas de hierro fundido. Este material es más fusible que el hierro maleable y frágil y quebradizo al rojo. Procúrese, pues, no golpear la retorta cuando aún esté muy caliente, ni enfriarla repentinamente, ya que los cambios bruscos de temperatura pueden agrietarla.

Precisa poner cuidado especial al cerrar la retorta para evitar escapes de metal al destilar. Se debe observar que las superficies metálicas que arriman y enchufan sean concordantes y apliquen perfectamente. Sucede con frecuencia que una retorta que en un principio

fue perfecta deje escapar azogue por mal ajuste, debido a que el metal, por efecto del calor, sufrió distorsiones permanentes. En este caso hay que hacer retornear el artefacto.

Para subsanar los ligeros desajustes de la retorta se emplean pastas blandas, incombustibles, aplicadas a las caras que han de ajustar. Un barro de grano muy fino en pasta blanda, una mezcla de éste y ceniza cernida, son buenos materiales para calafatear. En todo caso, que la pasta no contenga granos gruesos que no dejarían arrimar las superficies de ajuste. La pasta debe aplicarse antes de atornillar la retorta, nunca después y por el exterior. Una pasta de material que se contraiga excesivamente por el calor es inconvenien-

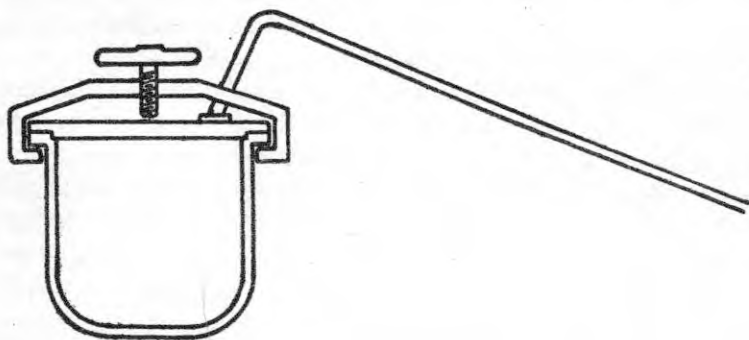


Fig. 35 — Retorta

te. Por eso es preferible la mezcla de arcilla con ceniza fina, al barro solo, pues éste sufre considerable reducción de volumen al calentarlo.

Es errónea la idea que tienen muchos mineros de que es preciso sumergir la extremidad del tubo de la retorta en el agua a mucha profundidad para evitar pérdidas de mercurio. No solamente no es preciso sino por el contrario, **muy peligroso**. La temperatura de ebullición de ese metal es relativamente muy elevada y la condensación se efectúa principalmente en la parte alta del tubo. Envuélvase éste en una tela que se mantendrá húmeda con agua fría y no habrá escapes de azogue, por lo menos en cantidad apreciable. Si se sumerge la punta del tubo muy profundamente en agua, en la vasija para recoger el metal líquido, **hay el peligro** de que al enfriarse la retorta por cualquier motivo, sobre todo al final de la operación, cuando se deje de activar el fuego, se condense el vapor de azogue en el interior, haga el vacío y el agua se entre tubo arriba y se ponga en contacto con las paredes calientes del interior de la retorta y se produz-

ca una **explosión** peligrosa. Basta que la extremidad del tubo penetre en el agua unos pocos milímetros.

Las retortas usuales tienen la tapa asegurada con varios tornillos. Este sistema es muy engorroso y molesto; los tornillos y tuercas se alcanzan rápidamente y la fijación y remoción de la cubierta es demorada. Es preferible asegurar la tapa con una brida provista de un tornillo central de palanca que permite la manipulación rápida del aparato. (Véase la fig. N° 35).

### **Envenenamiento con mercurio.—Antídotos.**

Tanto el mercurio metálico como muchos de sus compuestos son venenosos. Las mujeres, especialmente, son más susceptibles al envenenamiento crónico. El vapor del mercurio influye perjudicialmente en la salud de las personas que manipulan mucho dicho metal, produciendo entre otros efectos, secreción abundante de saliva, determinada por una irritación de las mucosas bucales; produce estomatitis y caquexia mercurial, enflaquecimiento, debilidad, temblores, tartamudez, parálisis e intensos trastornos en la actividad mental.

El mercurio se evapora sensiblemente aun a la temperatura ambiente; por lo tanto es posible sufrir el envenenamiento crónico, cuando se mantiene mercurio en vasijas abiertas y en lugares confinados, como en los dormitorios.

La absorción del mercurio metálico se verifica a través de la piel, de los pulmones y del intestino, y una vez absorbido, su presencia se observa en casi todos los órganos, tejidos y secreciones. Las fricciones muy empleadas como parasiticidas, que contienen mercurio finamente subdividido, provocan flujo salivar por efecto de la absorción del mercurio, estimulada por circunstancias propicias (extremada subdivisión del mercurio, temperaturas de la piel, vapor de agua desarrollado en los órganos, etc.).

Como dijimos, muchos compuestos de mercurio son venenosos, entre ellos el popular específico parasiticida conocido vulgarmente con el nombre de "polvo rojo", que no es otra cosa que óxido mercúrico. El cloruro mercúrico o sublimado corrosivo es la sustancia activa del licor Van Swieten que es también tóxico. El antídoto de las sales solubles del mercurio es la albúmina o clara de huevo. El mercurio metálico, no muy subdividido, no es tóxico y puede ser ingerido sin peligro. También sobre las plantas ejercen acción destructora el mercurio y las sales mercuriales.

### **Placas amalgamadoras.**

Como vimos anteriormente, otro de los sistemas que se practi-

can para la recuperación del oro libre es el de la **amalgamación**, bien por medio de láminas de cobre electroplateadas o valiéndose de barriles amalgamadores, etc. Aquí nos ocuparemos a continuación de las láminas electroplateadas y los barriles amalgamadores.

En empresas de alguna categoría se acostumbra reemplazar las bayetas, o las mesas rayadas, colocando en su lugar láminas de cobre electroplateadas a las cuales se agrega periódicamente mercurio, con el fin de amalgamar el oro libre que junto con la carga está obligado a pasar a todo lo largo de las láminas.

Es bien sabido que uno de los factores determinantes en el éxito de la amalgamación del oro, es exponer las partículas del metal noble al contacto del mercurio, el mayor número de veces y durante el mayor tiempo posible en la práctica. El mercurio tiene la tendencia a afectar la forma de esfera con mucha masa y poca superficie. Se les ocurre a muchos novicios que una caja de buena extensión y con una capa continua de azogue sería un buen aparato para amalgamar, haciendo pasar sobre ella la corriente de pulpa del molino. El dispositivo no estaría mal si no se inmovilizaran en la caja muchas libras de mercurio y si al artefacto se le pudiera dar la pendiente requerida para que la pulpa corriera sin que el mercurio se fuera al costado más bajo.

A algún minero de inventiva se le ocurrió reemplazar el baño de mercurio de que acabamos de hablar, por una placa de metal amalgamable: el cobre. De un solo golpe venció en esta forma las dos dificultades que apuntamos: la capa de mercurio es en la placa amalgamada sumamente delgada, una fracción de milímetro de grueso, y por lo tanto el mercurio adherido a una lámina de gran superficie no vale la pena; por otra parte, la fuerza de adhesión del mercurio hacia el cobre es intensa y por tanto el metal líquido se aferra al cobre y no se escurre hacia la parte baja, a pesar de la gradiente pronunciada que naturalmente debe darse a la placa. Este fenómeno es semejante al de la gota de agua que se inmoviliza, adherida a la pared vertical de un vaso de cristal. Pero se presentó todavía una nueva dificultad con la placa de cobre, porque este metal se disolvía en el azogue ensuciándolo y cubriéndolo en la superficie con una película de hidrato, imposibilitando en esta forma el contacto íntimo del mercurio con las partículas de oro. Existen varios reactivos químicos que disuelven esta película, como la sal de amoníaco, el cianuro, etc., pero ninguno evita su formación, de tal suerte que si se limpiaba la placa con cualquiera de estos reactivos, a los pocos minutos reaparecía la película. Vino entonces la idea de usar, en vez de cobre, un metal inoxidable y al mismo tiempo amalgamable y la plata fue



el ideal para el caso, pero resultó caro y prohibitivo, salvo que se usaran placas muy delgadas que adolecen de debilidad mecánica. El problema se solucionó ingeniosamente dando a la placa de cobre, mecánicamente resistente, una capa de plata muy delgada precipitada por vía electrolítica.

En la forma anterior tenemos, pues, las placas amalgamadoras electroplateadas a cuyo manejo nos vamos a referir. La placa standard tiene un grueso de  $7/64$  de pulgada y la capa de plata varía entre  $1/2$  y 4 onzas de plata por pie cuadrado de superficie. Naturalmente que mientras más gruesa sea la capa de plata, mayor duración tendrá la placa, pero resulta más cara. El ancho de las láminas normales es de 48, 52 y 54 pulgadas, con longitudes de 4 a 8 pies.

La pendiente o gradiente que debe darse a las placas es variable y debe ser de acuerdo con la densidad del mineral que se beneficia, como ocurre igualmente con los tableros o mesas del molino. Con mineral arcilloso, blando y finamente pulverizado, se puede adoptar una pendiente de  $3/4$  a  $1 1/2$  pulgadas por pie. En cambio, con materiales gruesos y muy pesados (sulfuros o jaguas) se requiere una pendiente de  $1 1/2$  a  $2 1/2$  pulgadas por pie, exigiéndose igualmente mayor cantidad de agua, para que ésta sea capaz de arrastrar convenientemente la carga o pulpa. En general, la pendiente debe ser tal que la pulpa corra bien en una serie de pequeñas ondas, sin hacer acumulaciones o pequeñas islas de arena. A veces se facilita la amalgamación estableciendo entre una y otra placa, pequeñas caídas.

Las láminas deben colocarse sobre un entablado o envarillado, bien firme, de suerte que queden bien a codal y no se encorven, permaneciendo en un perfecto plano inclinado. A los dos costados laterales se clavan sendas varillas de madera para formar de esta manera una canoa cuyo fondo viene a ser la placa. La superficie de ésta debe ser muy regular y perfecta, sin altos ni bajos, pues si tuviere protuberancias, en estos lugares salientes sería más intensa la acción de la pulpa y destruiría la capa de plata en muy corto tiempo, exponiendo el cobre con los inconvenientes ya apuntados. Esto es lo que se llama **lagas** en las placas.

Una vez acomodadas las placas a satisfacción, se procede a acondicionarlas antes de echar a correr la pulpa, empezando por quitarles toda la grasa. Para ello se lavan las láminas con una solución de soda cáustica, de carbonato de sodio, o de lejía, empleando para tal fin un trapo muy limpio y suave que no contenga nada de abrasivo. Luégo se procede a agregar el mercurio utilizando metal puro contenido en un frasco de vidrio tapado con un pedazo de tela desgomada, de poro fino, amarrado al cuello del frasco por medio de



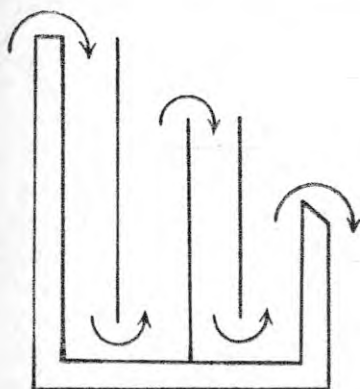
una cuerda. El frasco se sacude boca abajo con ligeros impulsos, de suerte que se produzca una lluvia de pequeñas gotas de azogue sobre toda la superficie de la placa. Si ésta está bien limpia, las gotas adhieren sin demora, pero si así no fuere, es necesario volver a frotar con el trapo empapado en soda hasta que sea posible obtener una capa de mercurio, en toda la superficie de la placa, que sea homogénea, brillante y de un espesor o consistencia tal, que no escurra hacia el borde inferior.

Las placas deben vigilarse en el curso del trabajo para evitar que se cubran de lodo; que se engrasen accidentalmente; que se formen playas de arena o que la amalgama de oro que se va formando se haga muy espesa o dura. Estas láminas trabajan más efectivamente cuando están cubiertas de amalgama de oro con una consistencia similar a la de la manteca, repartida regularmente en toda la superficie. Cuando la amalgama se endurece, es necesario añadir nuevamente mercurio con el frasco hasta ponerla blanda, pero no tanto que deje escurrir el azogue. La recolección de la amalgama debe hacerse a intervalos que varían con la riqueza del mineral que se beneficia. No es buena práctica raspar las placas hasta retirar toda la amalgama, pues con este sistema se acorta considerablemente la vida de la lámina y por otro lado se le resta eficiencia. Dejando una ligera capa de amalgama se protege la plata de la acción abrasiva de la pulpa y se contribuye a hacer más efectiva la amalgamación.

Para raspar o recoger la amalgama no debe emplearse ningún instrumento metálico y cuando más la madera, pero lo más aconsejable es utilizar un pedazo de caucho duro. En todo caso, antes de beneficiar la placa, se debe retirar de ella cualquier cuerpo abrasivo, como arena, cascajo, etc., y no es aconsejable, salvo en caso extremo, hacer uso del cianuro para limpiar o desengrasar, porque esta sustancia disuelve rápidamente la capa de plata e inutiliza la plancha.

Es muy conveniente cubrir las placas amalgamadas con una reja, tablero o envarillado para evitar el robo y la caída sobre ellas de cuerpos que puedan lastimarlas.

Después de las placas es indispensable utilizar una **trampa** para recoger el mercurio y la amalgama que indefectiblemente se escapan en pequeñas cantidades. En principio la trampa consiste en una vasija en la cual la pulpa se mueve en torbellino y con fuerza tal que las partículas livianas y moderadamente pesadas se escapan con el agua y las pesadas y voluminosas, como el oro grueso, el mercurio y la amalgama, se depositan en el fondo de donde se las retira periódicamente. Véase la figura 36.



TRAMPA PARA MERCURIO Y AMALGAMA  
Fig 36

a descubrir el cobre, porque en este caso viene la mancha de hidratos de cobre.

La operación de electroplatear las láminas de cobre no es cosa fácil si se pretende obtener una buena capa bien adherente y durable. El cobre de la plancha debe ser puro y perfectamente recocado para que la plata penetre en el poro y no se descascare. Si la capa de plata fuere cristalina o porosa por deficiencia del baño electrolítico o de la corriente empleada, la duración de la placa resulta muy efímera.

Actualmente se están utilizando, en varias minas del país, en vía de ensayo, placas o láminas electroplateadas fabricadas en Medellín.

### Amalgamación en barriles.

La amalgamación en barriles se acostumbra para separar el oro libre recogido en los tableros, paños, o enriflados de los molinos, como también para "cortar" el oro libre proveniente de las mesas de concentración. El procedimiento del barril de amalgamación se denomina amalgamación forzada, porque se fuerza al mercurio a unirse al oro, frotando, puliendo, limpiando y subdividiendo las partículas de los dos metales. Los barriles se construyen de madera con un forro interior cambiabile, de platinas o láminas de hierro. A través de los centros de las bases del cilindro o barril, que gira horizontalmente, van los ejes que descansan sobre las chumaceras. A la mitad de la altura se abre la puerta para la introducción del material y el orificio se tapa luego con una compuerta sostenida por medio de una brida de tornillo. Resumiendo, el barril viene a ser una especie de

Por vía de información diremos que también se usan placas amalgamadoras de metal Muntz (liga con 60% de cobre y el resto de zinc), y que las placas de cobre desnudo se suelen cubrir con una amalgama de oro o de plata para prevenir la formación de películas aisladoras. Este sistema no sería malo, a no ser que al limpiar la placa de amalgama se llegue

molino de bolas, pues bien puede trabajar con éstas, con varillas o también con piedras duras.

La capacidad de estos barriles es muy variable y debe estar naturalmente de acuerdo con las capacidades de la mina. Por regla general es preferible disponer de varias unidades de tamaño moderado, más bien que depender de un barril demasiado pesado y difícil de transportar y manejar. La velocidad de rotación, cuando el barril se emplea únicamente para amalgamar, debe ser alrededor de 20 ó 30 revoluciones por minuto, según el diámetro del tambor, pues a mayor diámetro deberá corresponder menor número de revoluciones. Cuando el barril tiene un doble servicio, es decir, triturar y amalgamar a la vez, es conveniente aumentar un poco la velocidad. La cantidad de mercurio que debe añadirse a la carga depende de muchos factores, tales como capacidad del aparato, riqueza del mineral, etc. Una serie de tanteos determina la carga de mercurio más conveniente.

El tambor puede llenarse de carga cuando más hasta la mitad, y la humedad de la pulpa debe ser tal que el mercurio se subdivida en pequeñas gotas al imprimir movimiento al aparato. Si la carga queda muy líquida o acuosa, el azogue se va al fondo del tambor, en masa, y las probabilidades de buen contacto del metal líquido con las partículas de oro contenidas en el mineral son muy reducidas.

La duración del tratamiento se determina empíricamente parando el barril de vez en cuando y cateando en la batea una muestra de la pulpa. El cateo indicará el estado del mercurio: si éste se ha transformado en flor o está en forma de glóbulos pequeños y limpios; si aún existe oro libre, requiriéndose por consiguiente prolongar la operación; si la amalgama se encuentra muy seca y es necesario añadir más mercurio, etc. Al cabo de una serie de operaciones se llega a adquirir práctica suficiente, con minerales semejantes, para poder prescindir de los ensayos.

Debe tenerse muy en cuenta que **no todos** los minerales se prestan igualmente para ser amalgamados en barriles. Los materiales cargados de sales solubles y los que contienen compuestos de plomo, arsénico y antimonio, presentan muchas dificultades, tales como consumo excesivo de mercurio, con una amalgamación muy deficiente. Los correctivos para tales casos son varios, pero no pueden darse reglas fijas. Citaremos los siguientes: un lavaje preliminar del mineral con el fin de eliminar las sales solubles; adición de un poco de cal para saturar el ácido libre y jabonificar las grasas; empleo de cianuro en cantidades moderadas con el objeto de disolver la película de óxido formada sobre las esferas del mercurio y evitar que éste se forme en flor, etc.

### **Amalgamación en los morteros, en la batea y en arrastres.**

Poco más tenemos que agregar sobre estos puntos. La amalgamación en los morteros sólo es posible, como ya dijimos al hablar de la recuperación en los morteros, cuando aquéllos son enterizos y no hay lugar a escapes de mercurio. Con los morteros de hierro seccionalizados o con los morteros de madera, es imposible la amalgamación, porque no se puede evitar la gran pérdida de azogue.

La amalgamación en el arrastre adolece del mismo defecto que la operación en los morteros seccionalizados, salvo que se tapen sumamente bien las juntas de las piedras de la mesa o base y las del muro circundante, usando cemento. Pero, sin embargo, las pérdidas de mercurio en el arrastre siempre serán apreciables.

La amalgamación en la batea es una operación tan conocida por todos, que muy poca cosa podríamos sugerir al minero en este sentido.

Quedan resumidos en el capítulo anterior los procedimientos más usuales para la recuperación del oro libre de los minerales, que enumerados en el orden tratado son los siguientes: en los morteros, tableros o mesas rayadas, paños o bayetas; placas amalgamadoras, amalgamación en barriles, en los morteros, en arrastres y en la batea.

## CAPITULO IV

### RECUPERACION DEL ORO COMBINADO

En la mayoría de los minerales auríferos el metal que se recupera libre en los tableros, bayetas o aparatos de amalgamación, etc., sólo es una parte más o menos considerable del oro total contenido en el material. Queda, por consiguiente, el problema de obtener o recuperar el resto de los valores que escapan a los aparatos citados. Estos valores no se recuperan en la primera etapa del tratamiento por varios motivos: porque las partículas de metal noble son tan menudas que flotan en la pulpa y no se ponen en contacto con el mercurio en las placas, o no llegan tampoco a dejarse atrapar por la mota o pelusa de los tableros rayados, ni llegan tampoco a los intersticios o acordonado de las bayetas y paños; otras veces, los granos de oro, por lo menudos o porque la trituration no es suficientemente avanzada, quedan incrustados o adheridos a partículas de mineral o ganga y escapan en esta forma fácilmente con ellas; también sucede en ocasiones que los granos de oro tienen su superficie recubierta de alguna película protectora que aísla e impide el buen contacto con el mercurio; en fin, también se presentan en los minerales de oro compuestos de este metal con otros cuerpos en forma de combinación química y es entonces cuando el oro se llama propiamente **oro combinado**.

El método que debe aplicarse en el tratamiento de las arenas o residuos de los aparatos de trituration depende de la forma como se encuentren en ellos los valores. Los sistemas más usuales son éstos:

a) Cianuración en crudo de toda la masa del material, bien sea por percolación o por agitación, según el caso;

b) Concentración mecánica o química (flotación) con el fin de eliminar material estéril o cianicida y dar al concentrado de alto tenor un tratamiento especial más elaborado (fundición, tostión, cianuración de lodos, etc.).

**Arenas, lodos y vites.**—Sea cual fuere el tratamiento más adecuado que se pretenda dar al mineral, debe empezarse por recoger los



residuos de los molinos en las mejores condiciones posibles para el beneficio ulterior, evitando pérdidas.

Si se trata de beneficiar toda la masa de residuos por percolación, con solución de cianuro, que es el caso más común en Antioquia y en el país, debe procurarse obtener una mezcla lo más homogénea posible de las arenas gruesas, lodos o **vites**, so pena de sufrir dificultades en la percolación. Los lodos que resultan en los molinos pueden ser de dos clases y tienen origen diferente: lodos naturales que son el resultado de la trituración o disgregación de las arcillas y caolines del mineral; y lodos artificiales, que vienen a ser las partículas finísimas que inevitablemente se producen en la pulverización de los cuerpos duros que hay en la masa del material. Los primeros, los lodos naturales, son los más molestos en la percolación debido a su estructura coloidal.

En todo caso, si se llega a comprobar que los lodos o vites no deben eliminarse por contener riqueza económicamente apreciable, deben recogerse bien mezclados con las arenas y esto se consigue disponiendo inteligentemente los depósitos de recolección. Tales depósitos no deberán ser de mucha capacidad y es preferible disponer de varios colectores de tamaño moderado, más bien que de uno solo de gran capacidad. Huecos colectores profundos en donde se establezca una capa de agua inmóvil, dan como resultado la separación de los residuos y arenas, con la consiguiente dificultad para la percolación. En cambio, depósitos de poca profundidad y con escapes a altura variable y facilidades para cambiar con frecuencia la entrada de la pulpa a varios puntos del perímetro, dan muy buen resultado, pues los residuos se recogen homogéneamente. No nos extenderemos más en este asunto porque en otro lugar de este estudio se encontrarán mayores detalles.

**Clasificadores.**—Algunos minerales producen lodos tan pobres que no se justifica su recolección para beneficiarlos posteriormente. En este caso lo más indicado es deslodar las arenas y obtener así un producto más concentrado en valores y también mucho más fácil de percolar. La deslodada de las arenas es una operación sencilla que se puede efectuar, bien sea en los depósitos colectores, construyéndolos largos y estrechos y de altura graduable en el escape, agitando las arenas a mano con azadones a medida que se depositan, o bien por medio de los aparatos especiales que vamos a describir a continuación someramente.

Las máquinas o aparatos de clasificación pueden dividirse en dos clases: los que funcionan sin intervención de fuerza mecánica y aquellos que para su movimiento requieren un motor.

Entre los primeros citaremos el spitzlutte, el spitzkasten y el cono Callow. Esencialmente estos dispositivos son simples depósitos de madera o de metal, de forma cónica o piramidal, que funcionan estacionarios con el vértice hacia abajo. Algunos de ellos tienen una corriente ascendente de agua limpia establecida con el fin de arrastrar hacia arriba las partículas livianas de mineral, dejando llegar al fondo y escapar por el orificio de salida únicamente los granos pesados o voluminosos, originando en esta forma la clasificación. Otros de estos aparatos clasificadores no requieren la corriente de agua ascendente, y la separación de los lodos depende tan sólo de la relación que se establece, graduando a voluntad el orificio de salida del ápice del aparato, entre la entrada y la salida de la pulpa.

Los clasificadores mecánicos más usuales son: el clasificador de rastrillos Dorr, el trommel rotatorio, el clasificador de espiral Akin y el gig. No entramos a describir estas máquinas, más o menos complicadas, porque el minero obtendría con ello muy poco beneficio, debido a que sus conocimientos y recursos mecánicos no le permiten enfrentarse con el problema de construirlas por su propia mano.

Ahora consideremos el caso de que el mineral exija para su beneficio la reducción a lodos de toda la masa. En tal caso los molinos de pisonos no son las máquinas apropiadas para tal fin. Lo recomendable sería en esta circunstancia la utilización de molinos de bolas o de varillas, en circuito cerrado, con un clasificador mecánico, el Akin, por ejemplo. El clasificador bien graduado devuelve automáticamente al molino el material grueso dejando pasar únicamente el fino. Este tipo de máquina es muy útil cuando se trata de triturar en solución de cianuro.

**Concentración.**—Algunos minerales de oro tienen la peculiaridad de contener los valores englobados mecánica y químicamente en los sulfuros. Es lógico que lo indicado para el beneficio de esta clase de materiales es separar los sulfuros de la ganga y beneficiar aquéllos separadamente. Esta separación es lo que se llama concentración y es posible efectuarla por dos sistemas: el uno es simplemente mecánico; el otro, que es la flotación, podríamos llamarlo, aunque impropriamente, químico. Sobre la concentración de minerales por flotación hablaremos al final de este capítulo.

La concentración por gravedad estriba en la diferencia de densidad de la ganga, que generalmente es cuarzo, feldespatos, caolín, etc. y los sulfuros, como galena, piritas de hierro, blenda, etc. Teóricamente cuando se exponen partículas de diversas densidades, pero de la misma forma y volumen, a la acción de una corriente de agua, las más pesadas se quedan atrás y las más livianas se dejan acarrear

y eliminar por la corriente. Sin embargo, en la práctica se presentan factores que complican el problema: los granos son de formas y tamaños muy diversos y sucede que una partícula muy pequeña de sulfuro procede lo mismo que un grano liviano y más voluminoso. De aquí se deduce que para concentrar eficientemente por gravedad un material pulverizado, es preciso clasificarlo por volumen.

Los aparatos de concentración más usuales y efectivos son las mesas, de las cuales se encuentran varios tipos en el mercado, siendo la más usada la mesa **Wilfley**. Hay mesas para arenas y para lodos, pero de paso diremos que la concentración de lodos por gravedad no es satisfactoria, a pesar de que se han ideado aparatos muy diversos: mesas de vaivén, mesas de banda, rags, etc.

No consideramos del caso entrar a describir aquí la mesa Wilfley, máquina que recomendamos al minero por su sencillez, duración, resistencia, capacidad, y además, por exigir poca potencia para su funcionamiento. Esta máquina trabaja mejor accionada por rueda Pelton o motor eléctrico, pero no es imposible acoplarla, valiéndose de un contraeje, a un molino de madera.

No podemos prescindir de insertar aquí algunas consideraciones generales sobre la concentración, muy descuidada hoy entre nosotros.

La mayor parte de las minas pequeñas de veta se trabajan entre nosotros, por el poco oro libre que producen, en malos molinos y por el oro que se logra obtener, tratando luego los residuos por una cianuración muy cruda, utilizando el sistema de percolación. Podemos asegurar que son ininidad los casos de pequeñas minas de veta que resultarían empresas bien productivas aplicando la concentración. Limitándonos al Departamento de Antioquia, donde hay mayores conocimientos sobre minería y donde los minerales de las vetas son relativamente refractarios, podemos asegurar que el oro que se va a los ríos y quebradas, contenido en residuos mal elaborados, es considerable. ¿Y esto por qué? En primer lugar el pequeño minero no se preocupa o no está en capacidad de estudiar sus minerales y apenas sí se resuelve cuando cuenta con 300 ó 400 toneladas de arenas mal recogidas, llevando a un laboratorio un mal promedio de un lote de material y ordenando un ensaye de tenor y de beneficio por cianuración. Pero lo que es pensar en hacer efectuar una investigación completa y científica del beneficio de sus minerales, no se le ocurre o no quiere pagarla. De allí que cianura malamente arenas de buena riqueza y se contenta con cualquier extracción desde que ésta pague los gastos. Ignora voluntariamente que los valores de sus residuos están acumulados en los sulfuros (aguas); que estos sulfuros puede separarlos económicamente con un aparato de concentra-

ción de poco costo y obtener concentrados que puede beneficiar en la mina en una planta pequeña y eficiente, o venderlos, o exportarlos, según las características del material.

Y no se diga que todo lo anterior es muy costoso. Los ensayos de concentración puede hacerlos, hasta cierto punto, valiéndose de los cernedores o canalones, etc., apelando al laboratorio para el ensayo del tenor.

Los establecimientos de fundición y ensayos tienen la política de ayudar y servir a su clientela, que son los mineros, ya que de ellos viven, y el progreso del cliente redundará, naturalmente, en mayor volumen de trabajo para el laboratorio. Pero sucede que estos establecimientos, por bien intencionados que estén, encuentran el escollo de que no pueden comprometer su reputación industrial y científica, recomendando procedimientos o sistemas de tratamiento de minerales, montajes, etc., basados tan sólo en muestras aisladas y cómputos suministrados por el interesado. Los datos del minero pueden adolecer de deficiencias derivadas de ignorancia, cálculo y más comúnmente de ese prurito extraño y singular, pero muy común en el gremio, de construir castillos en el aire. Es curiosa la psicología del minero en este punto: escoge una muestra, lo mejor, a ciencia y paciencia; la hace ensayar y se regodea y deleita y fachendea con la boleta de ensayo, cuando allá en el fondo le consta que todo es una farsa. Lo más curioso es que muchas veces el minero se engaña a sí mismo y engaña a los demás sin afán de lucro. Pero lo grave, o más malo del caso, es que con frecuencia el minero se apega a su bella mentira y va hasta gastar en un montaje basado en ella y arrastra a los demás en la aventura.

Estamos íntimamente convencidos de que la vulgarización de la concentración mecánica en las minas de veta traería resultados benéficos inmediatos.

#### LA FLOTACION

Aun cuando el proceso de concentración por el sistema de flotación no es conocido en el país, nosotros consideramos oportuno referirnos aquí a este procedimiento o sistema metalúrgico moderno, que actualmente se está aplicando con gran eficiencia en otros países más avanzados en el beneficio de minerales que el nuestro.

**Definición.**—“Flotación es la separación, en el seno de una pulpa acuosa, de diversas partículas minerales, por medio de burbujas gaseosas.

En el proceso de flotación, los minerales (ganga y componentes valiosos) después de ser finamente pulverizados se agitan en agua



con la adición de aire u otro gas. Se agregan también reactivos (sustancias químicas y aceites) que ocasionan la adhesión de las partículas minerales a las pequeñas burbujas, las cuales al elevarse a la superficie las arrastran para ser separadas allí en forma de espuma, que se conoce bajo el nombre de concentrado. El material sin valor que constituye la ganga, no se adhiere a las burbujas sino que se descarga como un sobrante o residuo por otra parte de la máquina. La densidad o peso específico de los minerales no constituye factor determinante en el proceso.

Es decir, los minerales flotados son frecuentemente dos o tres veces más pesados que la ganga y algunos de los compuestos minerales más densos, tales como los de plomo, son los más fáciles de extraer por el proceso de flotación".

**Generalidades.**—La concentración por flotación es un sistema metalúrgico relativamente nuevo. Por razones especiales, y para el vulgo, es algo misterioso, regido por leyes extraordinarias, al alcance sólo de los científicos. Por otra parte, la mayoría de los mineros consideran este procedimiento algo así como una panacea, capaz de solucionar todas las dificultades de tratamiento de los minerales de oro y plata inclusive la pobreza de las minas. En este estudio nos proponemos dar una idea somera del sistema de flotación sin entrar en muchos detalles y en beneficio de los mineros que por uno u otro motivo no pueden ilustrarse en este asunto.

Todos hemos visto la curiosa experiencia de hacer flotar en el agua una aguja de acero engrasada. Los mineros están familiarizados con el efecto de la grasa sobre el oro y las jaguas al cortar en la batea el diario de los molinos: las partículas de metal y de sulfuros se enciman, flotan en la superficie del agua. Los más observadores habrán notado que la peña, es decir la ganga —cuarzo, roca— no flota, permanece sumergida. Algún observador de inventiva se propuso aprovechar la acción especial de las materias oleaginosas sobre la parte pesada y rica de los minerales con el fin de separarlos de la parte terrosa, liviana y pobre; allí se originó la concentración por flotación.

**Fuerzas que rigen la flotación.**—Las fuerzas que actúan en los fenómenos de la flotación son varias y no tan sencillas y aparentes como las que gobiernan los procedimientos de concentración por gravedad: concentración a batea en laberintos, canalones, cernedores, embocados, mesas, etc. Con todo, no es cosa de asustar y no tiene nada que ver con la Teoría de la Relatividad.

Los principios más salientes, las fuerzas principales que hacen posible la concentración por flotación son los siguientes:



a) La tensión superficial de los líquidos, que es la fuerza que se opone a la ruptura de la superficie líquida en contacto con el aire.

b) Fuerza de adherencia de las películas gaseosas a la superficie de las partículas sólidas; esta fuerza es mayor en los cuerpos metálicos y sulfurosos.

c) Fuerza que actúa en la superficie de los cuerpos sulfurosos y metálicos que hace que aquella superficie tenga una adhesión preferencial por los cuerpos oleaginosos.

d) Y la fuerza que reside en la superficie de los minerales no metálicos —ganga— que se manifiesta por el hecho de que la superficie de aquéllos se deja mojar de preferencia por el agua y no por los aceites.

Por lo general las sustancias que tienen lustre metálico, diamantino o resinoso, pueden, en condiciones determinadas, flotar en la superficie del agua; en cambio, otras, las que tienen lustre aperlado, vítreo o terroso, comúnmente no flotan o sobrenadan. Por fortuna, las primeras son los cuerpos que contienen los valores metálicos objeto de la industria metalúrgica.

La fuerza principal que rige la flotación se llama, como dijimos, tensión superficial de los líquidos, y es la actividad física que se opone a la ruptura de la superficie líquida. Esta fuerza resiste la acción de la gravedad que tiende a sumergir un cuerpo sólido más pesado que el agua. Al observar una aguja de acero engrasada nadando sobre el agua, notamos que el líquido no moja la aguja y que al contrario parece que la esquivada y se separa de ella.

En este curioso fenómeno la fuerza que sostiene flotando la aguja es muy distinta de la fuerza que sostiene un barco o cuerpo cualquiera a flote: en el primer caso el efecto mecánico se debe a la repulsión de las moléculas líquidas, no balanceada en la superficie, y en el segundo a la acción de la gravedad.

Las fuerzas de repulsión de las moléculas líquidas en el interior del medio fluido están balanceadas por las fuerzas de las moléculas vecinas, pero en cambio las fuerzas de repulsión de las partículas de la superficie sólo están saturadas en el interior, en contacto o vecindad de otras moléculas, pero al exterior quedan libres y son las que producen o se manifiestan en la tensión superficial de los líquidos.

Al enunciar las leyes que regulan la flotación, observamos que el factor superficie es primordial. De aquí que en la preparación preliminar de los minerales para flotarlos, la trituration fina es de gran trascendencia. Para poner de relieve la relación de la pulverización fina y la obtención de gran superficie, damos este dato: un cubo de 2.1544 pies de arista contiene 10 pies cúbicos de volumen. Si este

cubo fuere de una mixtura de cuarzo, blenda, galena, etc., en determinadas proporciones, pesaría una tonelada y tendría una superficie total de 28 pies cuadrados, en números redondos 4.000 pulgadas cuadradas. Si este dato de mineral se triturase a malla 40, es seguro, basándonos en cálculos bastante correctos, que la superficie total de la tonelada de mineral se elevará a 300.000.000 de pulgadas cuadradas, un aumento enorme sobre la superficie inicial del bloque de material. De suerte que en la flotación, la pulverización del mineral a finos es condición indispensable.

Las fuerzas de que hemos venido hablando son débiles en magnitud si se comparan, digamos, con las fuerzas de la pesantez, pero debemos hacer resaltar que aunque nos parezcan débiles, en cambio actúan continuamente sobre todas las superficies de los cuerpos sometidos a su acción. Por otra parte, aun cuando no podemos aumentar la unidad de fuerza a nuestro arbitrio, sí podemos crecer enormemente las unidades de superficie y así alcanzar una suma de trabajo considerable.

Por ejemplo, un compartimento de la máquina Potter-Delprat tiene ordinariamente 20 pies cuadrados de superficie activa de líquido. Esta superficie es relativamente muy reducida, pero cuando el aparato está funcionando y se forma una capa de espuma de 2 pulgadas de espesor, ésta presenta un área útil de 2.000 pies cuadrados, computando la superficie de todas las burbujas. Es obvio que tanto en el mineral como en el líquido sólo una pequeña porción de la superficie se utiliza en la práctica.

Los metalurgistas se han preocupado, pues, de estudiar detenidamente todas y cada una de las causas que determinan la flotación de las partículas de sulfuros y los cuerpos o reactivos que pueden estimular tales fuerzas, con el fin de utilizar dichos elementos en las mejores condiciones industriales posibles. De estas investigaciones han resultado varios procedimientos de flotación y aparatos muy diversos según se utilice de preferencia tal o cual fuerza. En cuanto a los reactivos se cuentan hoy por centenares y se descubren nuevos todos los días.

**Máquinas y reactivos.**—No entraremos a describir los aparatos o máquinas que se emplean actualmente en la concentración por flotación; por una parte son muy numerosos y por otra nos veríamos obligados a entrar en detalles que no se compaginan con la extensión de este estudio. En cuanto a los reactivos empleados en el procedimiento, vamos a citar algunos, indicando a la vez el papel o función que desempeñan en la flotación. Estos reactivos se clasifican así: (una vez por todas pedimos excusas por el empleo de términos bár-

baros ya que no existe, o al menos no conocemos nosotros, terminología apropiada al caso).

- a).—Espumadores.
- b).—Colectores o promotores.
- c).—Reguladores o modificadores.
- d).—Activadores o excitadores.
- e).—Depresores.
- l).—Dispersadores.

**Los espumadores.**—Se utilizan con el fin de reducir la tensión superficial del agua y estabilizar las burbujas de aire, tanto en la masa de la pulpa como en su superficie. Aparentemente este enunciado está en contradicción con el principio expuesto anteriormente de que la tensión superficial del agua es la fuerza principal de que disponemos para obtener la flotación de las partículas sulfurosas y metálicas, pero no hay que olvidar que asimismo hicimos resaltar la necesidad de multiplicar las unidades de superficie, lo cual se obtiene, sin apelar a máquinas enormemente grandes, desarrollando espuma abundante en la pulpa. Naturalmente, el empleo de los espumadores es delicado, pues si se usan sustancias demasiado activas o en proporción muy elevada, se llega a reducir la tensión superficial del agua a un punto tal, que las partículas que debieran flotar no pueden sostenerse en la superficie del líquido. Como ejemplo citaremos el jabón. Este cuerpo reduce la tensión superficial del agua a tal grado que es posible obtener agitándolo en solución, una espuma voluminosísima, pero en cambio, la energía superficial se reduce casi a cero.

Como regla general, los espumadores son sustancias líquidas poco solubles en agua, muy numerosas, entre las cuales se cuentan los aceites especiales, fenoles, cresoles, toluidinas, etc. De las muchas variedades que se han preconizado siempre como los mejores, sólo se usan hoy corrientemente el aceite de pino, y el cresol. La cantidad de estos reactivos que se emplea en la flotación es sumamente reducida; lo normal es gastar 0.05 de libra de aceite de pino y 0.1 a 0.4 de libra de cresol por tonelada de mineral. Por lo general el aceite de pino se usa cuando se desea obtener una espuma frágil, poco persistente; el ácido cresílico cuando las burbujas deben ser más resistentes, y los aceites espesos de carbón cuando es preciso producir espuma muy estable y de menor acción selectiva.

**Los colectores o promotores.**—En las primeras épocas de la flotación el único método de aumentar la flotabilidad de los minerales fue apelando a sustancias grasosas como los aceites de hulla, aceites combustibles espesos y varias creosotas. Era indispensable una agitación muy vigorosa para conseguir emulsionarlos y hacerlos adherir a la

superficie de las partículas de sulfuros. Estos cuerpos son relativamente poco selectivos y hacen flotar no solamente los sulfuros y partículas metálicas, sino asimismo los granos de roca y los grumos de ganga imperfectamente defloculados. Con el fin de obviar estas deficiencias se han buscado compuestos químicos que pudieran reemplazarlos con ventaja. Hoy se conocen y hay en el mercado una gran variedad de ellos. Son sustancias solubles y baratas. En todo caso, el empleo de los aceites no se ha eliminado del todo y se lo emplea en conjunción con los promotores solubles. Estos promotores pertenecen a tres grupos o familias químicas bien definidas: los xantatos, los sulficarbanilidos y los compuestos fosfocresílicos.

Estos promotores de que venimos hablando, además de su valiosa condición de ser solubles en el agua, poseen la muy importante propiedad de ser selectivos en sumo grado, empleándolos científicamente. Su actividad es considerable y sólo es preciso gastar de 0.1 a 0.3 de libra para flotar una tonelada de mineral. Es casi increíble la magnitud de las fuerzas puestas en juego por un promotor que actúa sobre la enorme superficie expuesta en una masa de mineral reducida a granos finos. Es muy común flotar y separar o aislar de su ganga 6 toneladas de sulfuros con 1 libra de promotor.

**La función de los reguladores o modificadores.**—Es, como su nombre lo sugiere, modificar la superficie de las partículas de ganga, de suerte que se reduzca su tendencia a flotar. Los modificadores más usuales son sustancias muy comunes y baratas: cal y carbonato de sodio; también el ácido sulfúrico y silicato de sodio. Nos espaciaríamos demasiado tratando de explicar el mecanismo químico y físico que preside la acción de estos reactivos.

**Activadores o excitadores.**—Como dijimos al principio, sólo las sustancias que poseen lustre metálico diamantino o resinoso, pueden flotar. Pero acontece con alguna frecuencia que en los minerales oxidados, los cuerpos valiosos que se desea separar ocurren en forma de óxidos, carbonatos, silicatos, etc. de lustre terroso, vítreo o aperlado y no es posible hacerlos flotar directamente. En este caso se emplean los modificadores cuya función es la de cambiar la superficie de la partícula revistiéndola de una película apropiada a la flotación.

Los modificadores más usuales son el sulfato de cobre y el sulfuro de sodio.

**Los depresores.**—Se emplean especialmente en la flotación diferencial que consiste en la separación de una mezcla de sulfuros de hierro, de zinc, de plomo, de uno de los elementos: se puede flotar y



separar aparte la galena, la blenda y eliminar la piritita. Esto se consigue modificando la flotabilidad de cada uno de los componentes por medio de los depresores. Los compuestos más usuales en este caso son el cianuro de sodio, el sulfato de zinc y el hidrato de calcio.

**Dispersadores.**—La acción principal de estos reactivos se ejerce sobre la ganga al mantener las partículas separadas o dispersas, evitando así que se aglomeren, suban a la espuma, y contaminen el concentrado. Los principales dispersadores son sustancias coloidales como la gelatina, la goma, el engrudo, y aun el silicato de sodio puede incluirse en este grupo.

La aplicación de la flotación al beneficio de los minerales de oro y plata es relativamente reciente. En los primeros tiempos el procedimiento se utilizó especialmente en la metalurgia de los minerales de zinc, plomo, cobre, etc. Con el perfeccionamiento del sistema se ha llegado a aplicarlo a la metalurgia de los metales preciosos con éxito sorprendente. Existen hoy en el mundo multitud de minas de oro y plata en las cuales la flotación constituye el instrumento principal del beneficio.

Naturalmente, no hay que creer que la flotación es un procedimiento universal para la reducción de todos los minerales auroargentíferos. En muchos casos el mineral carece de complicación y se entrega a un tratamiento sencillo como es la concentración por gravedad. La flotación se justifica en uno de los casos que vamos a enumerar en seguida:

a) Cuando en el mineral los valores están contenidos en los sulfuros y tan íntimamente asociados a ellos que precisa una trituración demasiado avanzada haciendo inaplicable la concentración por gravedad, que no anda bien con materiales reducidos a lodos. En este caso la flotación separa un porcentaje más alto de los valores que cualquier otro sistema.

b) Cuando la ganga que acompaña a los valores es muy cianicida y difícil de eliminar concentrando por gravedad. En este caso la flotación permite separar la ganga muy consumidora de cianuro y otros reactivos y darle al concentrado, de volumen reducido y alto tenor, un tratamiento más elaborado.

c) Cuando los valores en el mineral están en un grado tal de división que se impone una trituración a finos para aislarlos de la ganga. En este caso el oro y la plata flotantes no se dejan recoger en paños, tableros, y ni aun en mesas mecánicas, pero la flotación sí permite aislar las partículas metálicas más finas.

d) Cuando los minerales auroargentíferos están asociados en el mineral con otros sulfuros pobres en metales nobles, que a su vez





son cianicidas u ofrecen un obstáculo en la fundición. En este caso la flotación nos ofrece el recurso de separar los sulfuros valiosos en oro y plata de los sulfuros pobres en estos metales, y además el de utilizar lo que en otras condiciones sería un estorbo y que con la flotación selectiva llega a ser subproducto económicamente aprovechable.

Por lo que acabamos de exponer se ve claramente que la flotación es un instrumento enormemente valioso en manos del metalurgista hábil. Si hacemos fuerza en el hecho, que debe tenerse muy en cuenta, de que la flotación es solamente una de las etapas en la reducción definitiva de los minerales, antes de llegar al producto final.

Aunque sería posible extendernos muchísimo en tópico de tanto interés como es la flotación, nos limitamos a lo dicho, considerando que la finalidad de este estudio es la de vulgarizar los conocimientos en la minería y estimular la curiosidad científica del gremio. Si alguien quisiera avanzar más en este estudio puede procurarse obras extensas en la materia. **La Asociación Colombiana de Mineros** está en capacidad de aconsejar en este sentido.

Concluimos este capítulo, poniendo de presente que la flotación se emplea hoy en muchos ramos de la industria minera: metalurgia del oro y de la plata; metalurgia del plomo, zinc y cobre; concentración de fosfatos, de plombagina, carbón, etc., etc.

---

## CAPITULO V

### GENERALIDADES SOBRE LA CIANURACION

El presente capítulo tiene especial interés para nuestros cianuradores, llamados "químicos", pues sobre la materia que vamos a tratar estamos recibiendo continuas consultas de los mineros.

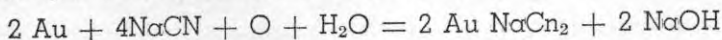
El proceso de la cianuración consiste, en términos generales, en el tratamiento por percolación, agitación, etc. de las arenas, concentrados o residuos provenientes de los molinos, con una solución de cianuro. Esta sustancia tiene la propiedad de disolver el oro contenido en el mineral y el metal noble se recupera luego de la solución, precipitándolo con zinc, para después purificarlo por medio de la calcinación, fundición y afinación.

El tratamiento de cianuración, por percolación, comprende cinco operaciones o etapas principales que son:

- a).—Trituración o preparación conveniente del mineral.
- b).—Lixiviación de las arenas, jaguas o residuos con soluciones de cianuro (percolación).
- c).—Precipitación de los metales nobles de las soluciones, con virutas o polvo de zinc.
- d).—Calcinación de los precipitados.
- e).—Fundición y recuperación del oro y de la plata.

Sobre el primer punto ya hemos tratado en capítulos anteriores. De las etapas restantes nos ocuparemos en adelante.

Desde el siglo pasado se conoció el principio básico de la cianuración, o sea la propiedad del cianuro de potasio o de sodio para disolver el oro, pero su aplicación práctica apenas ha sido aprovechada con gran eficiencia en los últimos años. Elsner descubrió en el año de 1844 la siguiente fórmula básica que representa las reacciones químicas que se verifican en las soluciones:



Para una mejor comprensión de la materia, trataremos a conti-

nuación sobre la **química de la cianuración**, pues sin estos conocimientos generales sería imposible darse una idea clara del proceso de cianuración.

#### QUIMICA DE LA CIANURACION

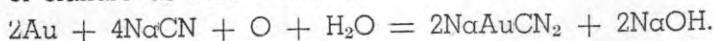
El procedimiento de cianuración de los minerales de oro y plata reposa, como ya hemos dicho, en el principio conocido hace ya muchos años, de que los cianuros alcalinos, en solución acuosa, disuelven los metales nobles. Se observó también que las soluciones de cianuro alcalino muy diluidas atacan de preferencia los metales valiosos y no se combinan —al menos en cantidad muy apreciable— con los elementos secundarios, no valiosos. Esta peculiaridad es muy importante, pues en un mineral de oro la proporción de material estéril a metal noble, es enorme. Esa propiedad de las soluciones de cianuro se llama **acción selectiva**.

El principio activo en los cianuros alcalinos es el **radical cianógeno**, cuya fórmula química es CN o Cy. Este radical es monovalente y su fórmula desarrollada es  $-\text{C}\equiv\text{N}$ . De suerte que el grupo tiene una de las valencias del carbono libre. Cuando esta valencia se fija sobre el metal monovalente K, forma cianuro de potasio, KCN; cuando se fija sobre el metal monovalente Na, forma cianuro de sodio, NaCN; cuando se fija sobre el cobre, como bivalente,  $\text{Cu}=\text{}$ , se necesitan dos grupos cianógeno, con dos valencias, para saturar las dos del cobre, así:  $\text{Cu}(\text{CN})_2$ . Cuando el grupo cianógeno fija su valencia libre sobre un átomo de H, monovalente, forma el compuesto HCN, llamado **ácido cianhídrico o prúsico**, el terrible tóxico responsable de los envenenamientos con cianuro. Es importante conocer algunas de sus propiedades. Es un ácido muy débil y se deja desalojar de sus combinaciones muy fácilmente; el ácido del limón o cítrico; el acético o vinagre; el carbónico, que se encuentra en el aire, lo expelen de sus combinaciones con las bases. La misma acción tienen todos los ácidos minerales. Esta es una reacción típica de esas descomposiciones, empleando ácido sulfúrico:  $2\text{KCN} + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCN}$ . De esto se deduce: que el cianuro de sodio, que es el empleado en la cianuración, se altera fácilmente si se lo deja en contacto continuo con el aire; que es peligroso mezclar cianuro con cualquier ácido, porque se desprende inmediatamente ácido cianhídrico, que como es muy volátil e incoloro, se aspira sin percatarse uno de ello, y se sufre un envenenamiento.

Ya dijimos que el radical CN tiene como símbolo también Cy, de modo que el cianuro de potasio, KCN; el cianuro de cobre Cu

(CN)<sub>2</sub>; el ácido cianhídrico, HCN, se pueden formular también HCy, CuCy<sub>2</sub> y HCy, respectivamente.

Habíamos dicho que la reacción básica en la disolución del oro por el cianuro de sodio es ésta:



Se lee así: dos átomos de oro, más cuatro moléculas de cianuro de sodio, más un átomo de oxígeno, más una molécula de agua, producen dos moléculas de cianuro doble de oro y sodio, más dos moléculas de hidrato de sodio. La reacción con la plata es la misma, reemplazando el símbolo Au por Ag. Ahora, si sustituimos cada símbolo por el peso atómico correspondiente, según la tabla de pesos atómicos que insertamos en la página 12, encontramos que dos átomos de oro —traducidos en gramos— nos dan  $197.2 \times 2 = 394.4$  gramos, que se disuelven con cuatro moléculas de cianuro de sodio, o sean 196 gramos de reactivo:  $4 (23 + 12 + 14)$ . Naturalmente en la práctica de la cianuración esto no resulta así, no porque la reacción no sea cierta, sino porque el cianuro se gasta cuando se disuelve o combina con otras sustancias secundarias.

Vamos a ilustrar ahora cómo se malgasta cianuro al tratar arenas mal lavadas, por ejemplo. Para ello hagamos uso de las ecuaciones químicas y les iremos cogiendo gusto y viendo su utilidad.

Supongamos que unas arenas piritosas contengan ácido sulfúrico, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Este ácido es muy soluble en el agua y lo podemos eliminar lavando bien las arenas, pero si por descuido o incuria queda en ellas, el cianuro se malgasta según esta ecuación:  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaCN} = \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{HCN}$ . Lo que equivale a decir que se **botan 98 gramos de cianuro** por cada 98 gramos de ácido sulfúrico. Las sales de metales bajos como hierro, cobre, zinc, etc., si no se eliminan por lavados con agua, producen también pérdidas considerables de cianuro. Esto aun en el caso de que se añada a las arenas gran cantidad de cal, porque esta sustancia, al reaccionar con las sales de los metales bajos ya mencionados, produce hidratos metálicos, solubles en el cianuro. Ilustremos el caso con un ejemplo, partiendo del sulfato ferroso, sal muy común y abundante en los minerales piritosos oxidados al aire: la primera faz de la reacción al no lavar y añadir cal en exceso es ésta:  $\text{FeSO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{CaSO}_4 + \text{Fe}(\text{OH})_2$ . Esta fórmula se lee: una molécula de sulfato ferroso, más una molécula de hidrato de calcio (cal) dan, al reaccionar, una molécula de hidrato ferroso, más una molécula de sulfato de calcio (yeso). El sulfato de calcio, aunque no muy soluble, siempre entra, al menos en parte, en las soluciones de cianuro, las espesa y a veces forma incrustaciones sobre las virutas de zinc en las cajas. En cuanto al hidrato ferroso

es perjudicial en dos formas: primero, debido a que este cuerpo es muy reductor, —ávido de oxígeno, y ya vimos en la reacción básica de la disolución del oro en cianuro que el oxígeno es indispensable— absorbe el oxígeno de las soluciones y las hace ineficaces para la disolución de los metales nobles, o al menos muy lentas. Fuera de esto, el hidrato ferroso y el hidrato férrico, producto este último de la oxidación del ferroso, se disuelven en el cianuro, produciendo ferro y ferricianuro de sodio, sustancias inútiles para el tratamiento.

Como en el beneficio de minerales por cianuración entran en juego tantas sustancias diversas, la química del tratamiento es muchísimo más compleja de lo que se supone a primera vista y las reacciones con que hemos ilustrado el asunto apenas son un esbozo de lo que ocurre en la práctica. El hierro que se encuentra en las arenas, al disolverse en la solución de cianuro, produce, según su grado de oxidación, cianuros dobles muy complejos, entre ellos el azul de prusia, el azul de Turnbull, etc. Hemos dado mucho énfasis a esta cuestión de los perjuicios ocasionados por la falta de buen lavado, porque con mucha frecuencia las malas extracciones y el gasto de cianuro muy elevado, se deben, en cianuración, a la causa apuntada.

No es que el lavaje de las arenas antes de cianurar carezca de muy lodosos, de percolación deficiente. Pero, en todo caso, es imperioso efectuar un lavaje eficiente si se quiere obtener una buena extracción de los valores sin un gasto de cianuro excesivo. Al hablar de la cal volveremos sobre este asunto más a espacio.

La fuerza o concentración de las soluciones de cianuro con que ha de hacerse el tratamiento tiene su influencia sobre la extracción de los valores, el gasto de reactivos y, en fin, sobre la eficiencia de la precipitación por el zinc en las cajas. Está demostrado que soluciones tan débiles como las que sólo tienen 150 gramos de cianuro de potasio por metro cúbico, o 0.150 por mil, disuelven el oro y la plata satisfactoriamente. Lo malo con soluciones tan excesivamente débiles es la dificultad de precipitarlas. Sí tienen ciertas ventajas y son que el gasto de cianuro con esas soluciones tan diluidas es más bajo, porque la acción selectiva del solvente se acentúa más que con las soluciones de alto tenor en CN.

Parece que el tenor en cianuro más apropiado y más aconsejable en la práctica general es 1.5 por mil, es decir, 1.500 gramos de cianuro de potasio o 1.154 gramos de cianuro de sodio del 130% de fuerza, por metro cúbico de líquido. Naturalmente, este título de 1.5 por mil se entiende en cianuro libre. En casos especiales es preciso usar soluciones de un título más alto o de un tenor muy reducido, pero estos son casos especiales y poco frecuentes.



Con los minerales de oro se presentan a veces algunas sustancias bastante estables al aire, pero que en contacto con las soluciones de cianuro desarrollan compuestos deletéreos. Tal es, por ejemplo, el sulfuro de antimonio  $\text{—Sb}_2\text{S}_3\text{—}$  o estibina que con el cianuro produce sulfuro alcalino  $\text{Na}_2\text{S}$ , que es un reductor enérgico o gran consumidor de oxígeno. Cuando al **titular** (1) las soluciones se produce con las primeras gotas de nitrato de plata un precipitado voluminoso, negro o moreno muy oscuro, es casi seguro que existe sulfuro alcalino en la solución y debe procurarse su eliminación. Lo recomendable en este caso es añadir acetato de plomo a las soluciones. Este reactivo descompone el sulfuro y precipita el azufre en forma insoluble, combinado con el plomo. El mismo efecto se obtiene con litargirio, (óxido de plomo), sólo que esta sustancia, que es insoluble en el agua, es difícil de mezclar bien a la solución y obtener un buen contacto, condición indispensable para que la reacción sea completa. La reacción del sulfuro alcalino con el litargirio es ésta:  $\text{Na}_2\text{S} + \text{PbO} + \text{H}_2\text{O} = \text{PbS} + 2 \text{NaOH}$ : sulfuro de sodio, más óxido de plomo (litargirio) más agua (de la solución), dan al reaccionar, sulfuro de plomo (insoluble) y soda cáustica (hidrato de sodio).

Al referirnos al análisis volumétrico (titulación) daremos las instrucciones para titular las soluciones de cianuro contaminadas con sulfuros alcalinos.

Otros sulfuros molestos en el beneficio de minerales por cianuración son la piritita blanca y la pirrotita, que son compuestos de azufre con hierro, pero eminentemente inestables, se oxidan con suma rapidez al aire, produciendo ácido sulfúrico y sulfato de hierro. Tal es su avidez por el oxígeno, que ciertos minerales ricos en marcasita, o piritita blanca, no llegan a lavarse bien porque a medida que se pasa agua por las arenas para eliminar los sulfatos, éstos siguen produciéndose indefinidamente mientras la marcasita no se haya agotado. Aquí cabe una explicación al fenómeno de por qué ciertas arenas se hacen más cianurables cuando permanecen largos años al aire. Esto acontece con residuos de los molinos, ricos o cargados de estas pirititas inestables de que hemos hablado. Con la acción del aire, de las lluvias o del sol, las pirititas se oxidan y se transforman en compuestos solubles que se van escapando lavados por las aguas lluvias. El oro y la plata que se encontraban ocultos, amarrados, en los granos de sulfuro, quedan libres, accesibles a la solución. Este fenómeno de

---

(1) En la página 115 nos ocupamos de la titulación o análisis volumétrico.

oxidación al aire no es otra cosa que una tostión lenta, pero por otra parte ideal, por lo progresiva y graduada.

Ciertos esquistos carbonosos, bituminosos o grafiticos, que en algunos filones de oro y plata son la roca encajante, al mezclarse con el mineral, cosa inevitable al hacer la explotación de la veta, contaminan las arenas con productos muy nocivos, que son sustancias carbonosas, reductoras o precipitantes de los valores. La acción de estas sustancias es **sui-generis**: o consumen el oxígeno de las cargas, o precipitan prematuramente los valores disueltos. Los remedios conocidos para esta complicación no son siempre muy efectivos, y en todo caso, son complicados, costosos y exigen siempre la vigilancia de un experto. Se aconseja eliminar, hasta donde sea posible, la roca, antes de triturar el mineral; inhibir en los residuos las sustancias carbonosas tratándolas con una emulsión de petróleo; separar por flotación estos carbones y, en fin, es lo más efectivo, pero caro, tostar los residuos con el objeto de quemar el carbón. En todo caso, el problema es serio. Otro método que a veces da un resultado aceptable, consiste en concentrar las arenas. Al efectuar la concentración se elimina la mayor parte de la roca, que es muy liviana, y queda un concentrado limpio de productos nocivos. Naturalmente toda concentración sacrifica valores, en mayor o menor escala, y es cuestión de un cálculo para ver qué conviene más, si botar algo de oro y beneficiar barato u obtener extracción elevada de los valores a un alto costo.

En todo caso, las soluciones que se emplean en una planta, a pesar de que en todo tratamiento se bota una porción de la solución por imposibilidad práctica de recuperarla toda por desplazamiento con agua, se van contaminando con impurezas y puede acontecer que lleguen a perder su eficacia o al menos a ponerse perezosas o lentas. En este caso, conviene botarlas y reemplazarlas por soluciones nuevas. Sería de desear tener a la mano un medio sencillo y práctico de probar el cansancio de las soluciones de cianuro, pero desgraciadamente no lo hay. El análisis integral de las soluciones es muy difícil y luego viene el problema de interpretar los resultados del análisis, es decir, saber si tales o cuales sustancias halladas en el examen son o no perjudiciales y hasta qué punto. Sólo hay un modo verdaderamente seguro, pero no al alcance de las pequeñas empresas. Este consiste en procurarse una muestra representativa de las arenas que se están beneficiando y efectuar dos ensayos comparativos, en pequeña escala: uno empleando para el tratamiento solución fresca del título usual en la mina, y para el otro, solución de la que se está empleando en el trabajo diario, elevando su título al ordinario en la rutina. Naturalmente para estas pruebas se necesita disponer de la-

laboratorio de ensayos. Si queda el recurso al cianurador consciente de procurarse los elementos para percolar o tratar en la mina sus dos lotes de mineral, objeto de la comparación y llevar a un laboratorio los residuos para la determinación de los valores restantes. Si las soluciones viejas no están en mal estado, la extracción en los dos lotes debe ser igual o muy semejante. Está por demás decir que en este ensaye todos los factores deben ser iguales: peso de la muestra de arenas, volumen y título de la solución empleada, horas de contacto, cantidad y calidad de la cal empleada y modo de mezclarla a la carga, etc.; de lo contrario los resultados no son comparables.

Es muy conveniente que el cianurador sea capaz de conocer la pureza de los reactivos empleados en cianuración, al menos los más usuales, que son: la **cal**, el **cianuro** y el **zinc**. Veamos ahora cómo se procede en la práctica con tales ensayos, para luego tratar detalladamente sobre la cal y su aplicación en la cianuración.

#### ENSAYES USUALES EN LA RUTINA DIARIA DE UNA PLANTA DE CIANURACION

**Ensaye de la cal.**—Para conocer la pureza de este reactivo se toma un gramo de la muestra representativa, después de bien pulverizada, y se seca a una temperatura un poco superior a 100 grados hasta que varias pesadas sucesivas, después de calentar repetidas veces, no acusen pérdida de peso. La diferencia entre la pesada inicial y la definitiva indica la humedad contenida en la muestra. El residuo, después de eliminar el agua, se pone en un frasco con un litro de agua destilada y 10 gramos de azúcar y se agita con frecuencia durante cuatro o seis horas. Luego se deja decantar y se titula el líquido claro empleando como indicador la fenoltaleína y como líquido titulador la solución décimonormal de ácido oxálico (6.285 gramos en un litro). Cada centímetro cúbico de ácido gastado indica 3.7 miligramos de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en el volumen de aguacal empleada. Ejemplo: se emplean, digamos, 2.2 c.c. de ácido para saturar la cal contenida en 10 c.c. de la solución alcalina y producir rojo permanente con la fenoltaleína. Calculamos así:  $2.2 \times 3.7 = 8.14$  miligramos de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  en 10 c.c. o sean 814 miligramos en el litro. Lo que equivale a un hidrato de calcio de 81.4% de pureza, que es muy buena calidad. Otro ejemplo: se toman 30 c.c. de solución de cal y se saturan con 3.1 c.c. de ácido. Se calcula así:

$$\frac{3.1 \times 3.7 \times 100}{3} = 382 \text{ miligramos, o sea } 38.2\% \text{ de hidrato de calcio.}$$

**Pureza del cianuro que se emplea.**—El cianuro de sodio, como di-

jimos al principio de este capítulo, es una sal o compuesto bastante inestable, es decir, que se descompone con relativa facilidad. La humedad y el ácido carbónico del aire lo hidroliza y carbonata, respectivamente; los ácidos lo descomponen con facilidad, desalojando el ácido cianhídrico. Por las razones anteriores puede apreciarse la necesidad de destruir todas las sustancias de carácter ácido que se presenten en el mineral que pretenda cianurarse. Esta acidez, repetimos, se neutraliza con la cal, que es el álcali más barato.

Hoy se usa exclusivamente el cianuro de sodio (NaCN) para el tratamiento de los minerales. El cianuro bueno del comercio tiene entre el 128 y 130%, computando en unidades de cianuro de potasio (KCN). Para reconocer su calidad se procede así: se pesa un gramo del reactivo tomándolo del centro de una bola o de un bloque, porque al exterior puede estar ligeramente húmedo o alterado. El gramo de cianuro se disuelve en un litro de agua y se titulan 10 c.c. de la solución con el líquido standard de nitrato de plata (13.04 gramos de nitrato por litro) empleando yoduro de potasio como indicador. Ejemplo: se saturan 10 c.c. de solución de NaCN con 1.3 c.c. de  $\text{AgNO}_3$ . Se calcula el resultado en esta forma:  $1.3 \times 100 \times 10 = 1.300$  miligramos de KCN por el litro de solución o 1.300 gramos (1.3 kilos) en el metro cúbico. Como el NaCN puro acusa 132.65, nuestra titulación —130— indica cianuro de 98% de pureza. Otro ejemplo: para 20 c.c. de solución de cianuro se gastan 2.2 de solución standard. ¿Qué pureza tiene el reactivo? Este es el cálculo:

$$\frac{1.1 \times 100}{132.65} = 82.9\%.$$

**Buena calidad del zinc.**—El zinc para cianuración que se obtiene en el comercio, bien sea en discos o en virutas, es de muy buena calidad, químicamente hablando, y rarísimas veces se presenta el problema de determinar su pureza. Por lo tanto no entraremos en este asunto. Las condiciones físicas de la viruta sí influyen considerablemente en su bondad para la precipitación eficiente. La viruta de zinc debe ser muy delgada y brillante; debe quemar al aire con facilidad arrojándole un fósforo; no debe ser frágil ni quebradiza y debe resistir a la tracción. Viruta de zinc con la superficie mate, oxidada; en tramos muy cortos o en polvo; en hilos gruesos, tiesos y ásperos, es de mala calidad.

**Determinación del título en NaCN de la solución de trabajo.**—Se procede de la misma manera que para determinar la pureza del cianuro operando sobre la solución tomada del sumidero.



### La cal

La cal se produce por la calcinación del calcáreo o del mármol, que es una sal constituida por la combinación del ácido carbónico con la cal. La calcinación tiene por objeto expulsar el ácido carbónico, que es volátil, y dejar libre el óxido de calcio o cal anhidra o viva. Esta, a su vez, se trata con agua —se apaga— es el término usual, obteniéndose cal hidratada o cal comercial.

La cal se produce, pues, quemando a alta temperatura calcáreo o mármol y tratando (apagando) el producto con agua. Las reacciones del proceso son éstas:  $\text{CaCO}_3$ , sometido a elevada temperatura se disocia en  $\text{CaO} + \text{CO}_2$ . Leemos así: carbonato de calcio disociado por el calor produce una molécula de óxido de calcio (cal viva) más una molécula de ácido o gas carbónico (que escapa al aire). La cal viva  $\text{CaO}$  se trata con agua mañosamente para no introducir un exceso de líquido, que viene a ser un lastre inútil en el reactivo. La cal viva se calienta al contacto del agua, al efectuarse la combinación química que vamos a formular en seguida y se pulveriza. La reacción es ésta:  $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$  se lee: óxido de calcio (cal viva), más agua, dan hidrato de calcio o cal apagada del comercio. El apagador casi siempre se excede al añadir el agua y resulta una cal cargada de agua libre, pesada y más o menos pastosa. Si en estas ecuaciones usamos los pesos atómicos correspondientes a cada elemento, podemos calcular, suponiendo materias puras, el rendimiento de cada producto, la cal viva y la cal apagada. La cal viva pura tiene el 100 por 100 de capacidad alcalinizadora y es el reactivo apetecible, pero es peligrosa de transportar, ya que si se moja en camino destruye los empaques, que pueden llegar a encenderse, y puede también quemar los animales que la cargan, esto aunque no se moje, porque el polvo que se tamice a través del empaque es suficiente para por lo menos pelarlos o ulcerarlos.

El cianurador debe ser capaz de distinguir una buena cal para cianuración; vamos a dar algunas reglas para ello:

Las impurezas de la cal provienen, unas de la materia prima que se empleó para producirla, otras porque se le incorporan en el proceso de la preparación. Muchos calcáreos son impuros y contienen, fuera del carbonato de cal, arcilla, cuarzo, magnesia, tierra vegetal, etc. Todas esas sustancias quedan en el producto definitivo y lo deterioran más o menos. Algunas son inertes y sólo perjudican porque diluyen la materia útil. Otras, como la magnesia original del calcáreo y los residuos carbonosos que restan de la combustión incompleta de la leña o del carbón, que se emplean en la calcinación de la piedra, además de añadir materia inerte a la cal, tienen acción dele-



térea en la cianuración. Suele también acontecer que el calcáreo no se descompone totalmente por deficiencia en la calcinación; en este caso el carbonato que escapó a la reducción viene a constituir una impureza sin valor.

Al apagar la cal viva con agua sucede a veces que se añade un exceso de líquido, obteniéndose un producto indeseable por lo pastoso y difícil de distribuir y porque posee un bajo porcentaje de alcalinidad. En la página 108 describimos cómo se practica el ensaye químico para conocer la pureza de una cal. Veamos aquí un sistema elemental más al alcance del minero práctico, para determinar el porcentaje de alcalinidad de una muestra de cal.

Se toma una muestra de 5 kilos de cal, promediando varios bultos de un lote lo más grande posible. Se observa si en la muestra se hallan fragmentos de carbón, leña, hojas, etc., o si hay exceso de humedad, lo cual se reconoce porque la sustancia presenta aspecto pastoso y no se deja tamizar con facilidad. El porcentaje aproximado de humedad puede determinarse fácilmente pesando un kilo de la muestra y exponiéndolo en capa delgada, en una lámina de metal, a la acción del sol, o de un calor poco elevado —100 a 120 grados— hasta que varias pesadas sucesivas no indiquen variación de peso. La diferencia entre el peso primitivo y el peso después de exponer la muestra a la acción del calor, da la base para el cálculo del porcentaje de humedad, con una simple operación aritmética.

La materia inerte: arena, carbonato sin descomponer, etc., se puede calcular, en parte, así: se toma un kilo de cal bien promediado; se agita con 4 ó 6 litros de agua, tratando de disgregar bien la masa. Luégo se deja la colada o pulpa tranquila durante el tiempo suficiente para que las partículas gruesas y pesadas se depositen en el fondo de la vasija. En seguida se decanta la porción del líquido que contiene la sustancia sólida más fina y delgada, dejando en el fondo el ripio o sedimento grueso. Se repite esta operación varias veces, renovando el agua, hasta que el líquido no se enturbie ni aun frotando el residuo grueso entre las manos. Se pesa el ripio después de secarlo, y con este dato se calcula el porcentaje de la materia inerte en la cal. Naturalmente este procedimiento no es sino aproximado porque muy frecuentemente existen en la cal comercial ciertas sustancias inertes y aun nocivas, unas de ellas solubles, que pueden pasar con el agua que se decanta, y otras insolubles, pero que afectan un grado extremo de división o finura, lo cual no permite que se decanten con el ripio. En los calcáreos que tengan azufre o sulfuros metálicos es casi seguro que se forme en la calcinación polisulfuro de calcio, sustancia muy nociva en la cianuración, pues impide que los

metales nobles entren en solución en el cianuro o los precipita prematuramente en caso de haberse disuelto.

La presencia de los polisulfuros en la cal puede reconocerse añadiendo un poco de solución de acetato de plomo o una lechada de la cal que quiere examinarse: si aparece una coloración negra o morena, es casi seguro que existen los polisulfuros.

La presencia de carbón, madera y cualquier otro cuerpo orgánico en la cal, tiene el inconveniente de que, debido a la acción reductora de esas sustancias sobre las soluciones auroargentíferas, los metales nobles pueden ser precipitados anticipadamente de las soluciones.

Cuando los calcáreos que se emplean para producir la cal contienen alto porcentaje de magnesia, esta substancia al reaccionar con el ácido sulfúrico, que es muy común en los minerales oxidados, produce sulfato de magnesia, sal soluble, que se va acumulando en las soluciones de cianuro, haciéndolas espesas y viscosas. Esto es inconveniente, porque retarda y dificulta la extracción de los valores. Aquí cabe una discusión puramente química, la cual dejamos de buen grado a los expertos, ya que no estamos por hilar demasiado delgado. Cuando se sospeche la presencia de magnesia en una cal, conviene someter una muestra al análisis químico. Todas las cales de la zona de Amalfi de este Departamento son sospechosas como magnesianas.

Conviene saber que la cal es una sustancia muy poco soluble en el agua: una parte de sólido en 600 partes de agua, nada más. Esto hace ver la necesidad o conveniencia de distribuir la cal lo más homogénea y regularmente posible en los materiales que se van a cianurar. Este asunto que es muy importante, se tratará más adelante con mayor detalle.

La cal tiene la propiedad de absorber el ácido carbónico del aire y volver a su estado primitivo antes de ser quemada, es decir, de carbonato de calcio. De aquí la conveniencia de procurarse cal fresca o sea recientemente quemada, y cuando se tengan existencias considerables darles a las pilas o montones una forma tal que expongan la menor superficie posible al contacto del aire. No está por demás apisonarla un poco para reducir la porosidad de la masa.

Resumiendo, una buena cal para cianurar debe ser: muy seca, exenta de ripio, sulfuros solubles, magnesia, carbón, materia orgánica, etc.; debe acusar un alto porcentaje de alcalinidad. Es preciso evitar hasta donde sea posible, la acción del aire sobre ella para que se conserve activa.

Ahora, estudiemos el modo de emplear la cal eficientemente. Casi todos los minerales de oro y plata contienen sulfuros metálicos, que

al ser expuestos a la acción del aire y de la humedad se oxidan más o menos intensamente, dando origen a sales metálicas y algunas veces a ácido sulfúrico libre. Todos esos productos son cianicidas, es decir, destructores de cianuro, en mayor o menor grado. Para prevenir la acción deletérea de los citados cianicidas se emplean en cianuración los dos procedimientos siguientes: 1º Lavaje preliminar del material que se va a cianurar, con el objeto de extraer por disolución en el agua las sales solubles; 2º Aplicación de cal a la carga por cianurar, con el fin de saturar o volver inocuas las sustancias nocivas: ácidos y sales.

**Las sales metálicas** que se encuentran más comúnmente en los minerales de oro y plata son: sulfato de hierro —ácidos, neutros y básicos—; sulfato y carbonato de zinc; carbonato y sulfato de cobre; sulfato y carbonato de plomo, etc., etc. Algunos de estos productos son solubles, otros insolubles en el agua. Los solubles pueden extraerse por medio de un lavaje de la carga con agua limpia. Este lavaje puede hacerse por percolación, a través de las arenas que es lo más recomendable, o acarreamdo aquéllas con una corriente de agua a los tanques de percolación. Si se adopta el primer procedimiento hay que tener la precaución de estar ensayando con frecuencia el líquido que pasa a través de la carga, para precisar el momento en que han sido eliminadas todas las sustancias solubles. Con tres reactivos es suficiente para esta determinación. Estos son: soluciones de **ferrocianuro** y **ferricianuro** de potasio y **amoníaco** concentrado. Los dos primeros indican, usándolos independientemente, la presencia de sales férricas y de sales ferrosas en el lavado, por el precipitado azul que producen; el amoníaco, añadiéndolo gota a gota, da con las sales de cobre, primero un precipitado azul verdoso que se torna luego en una solución de color azul celeste, con la adición de un exceso de reactivo. El amoníaco da también con las sales de zinc un precipitado floculento, gelatinoso, que se redissuelve en un exceso de álcali.

El minero debe acostumbrarse a reconocer la presencia de todas las sales solubles citadas, que tienen un sabor metálico característico, que permite reconocer en el lavaje aun pequeñas cantidades de ellas por simple degustación.

Cuando en los minerales que tienen sales solubles, tales como algunos sulfatos de hierro, cobre, zinc, etc., se aplica la cal antes de darle al mineral un lavaje preliminar con agua, el álcali descompone las sales apoderándose del ácido y dejando un residuo de hidratos metálicos que actúan como cianicidas al ponerse en contacto con la solución. De suerte que es siempre conveniente el lavaje previo

con agua en todos los casos en que se compruebe la presencia de sales metálicas solubles, en las arenas.

Para volver inofensivos los productos ácidos no solubles —acidez latente— se debe aplicar la cal, bien sea mezclándola al mineral al cargar los depósitos —esto para el caso de que no haya sales solubles— bien haciendo percolar la carga con aguacal, o sea solución o lechada de cal, hasta que el líquido que pase a través de la columna de arena dé una franca reacción alcalina con la fenoltaleína. Pero este último sistema no es recomendable, porque como la cal es tan poco soluble en el agua, una parte en 600, es muy difícil de llevar la alcalinidad a toda la zona de la carga.

Este último procedimiento debe emplearse sólo cuando sea necesario el lavaje preliminar para eliminar productos solubles.

Cuando no haya sustancias solubles en el agua de lavaje del mineral, se aplicará la cal a medida que vaya llenándose el depósito y debe distribuirse lo más homogéneamente posible. Naturalmente, es preciso saber de antemano la cantidad de cal que debe aplicarse a cada tonelada de mineral. Paga muy bien añadir a cada carreta de arena o a cada coche la cantidad de cal que le corresponda, procurando así que quede mejor distribuida, si es posible a cada dos o tres paladas una pequeña medida, desbaratando bien los grumos. Cuando las tinas se llenan a pala se puede añadir la cal cerniéndola por una zaranda de malla gruesa sobre toda la superficie del tanque, a intervalos de tiempo regulares. Cabe aquí indicar cómo se determina la cantidad de cal necesaria para producir **alcalinidad permanente** en un mineral dado.

Ante todo debe procurarse una muestra representativa; de ella se toman dos kilos y se agitan bien con tres litros de agua. Después se deja decantar y se examina si hay sales solubles disueltas en el líquido claro, empleando los reactivos ya indicados. Si la prueba fuere negativa, se añade cal por lotes de un gramo, se agita la mezcla y se prueba con la solución de fenoltaleína hasta obtener alcalinidad permanente, es decir, que persista por lo menos una hora, con agitaciones frecuentes.

En caso de que se presenten **sales solubles** en el líquido decantado, se procederá a dar una serie de lavajes sucesivos hasta que el líquido limpio no dé reacción con los reactivos de prueba. Luégo se procede como se indicó antes para determinar la cantidad de cal necesaria para saturar la **acidez latente**, que es aquella que no se puede eliminar con simples lavajes con agua.

Como en este procedimiento en pequeña escala la cal se mezcla muy perfectamente al mineral, sucede siempre que en la práctica, en



escaia industrial, la cantidad de álcali necesario para conseguir la saturación completa de la acidez y la producción de una ligera alcalinidad permanente, es más elevada; en muchos casos hasta el 30%, debido a la mala distribución de la cal en las grandes masas de mineral.

En los casos en que la cianuración de las arenas se efectúe inmediatamente después de la trituración del mineral, resulta conveniente y económico añadir la cal al mineral en bruto en el molino, antes de entrar a las baterías. Este procedimiento tiene estas ventajas: contacto íntimo del álcali con el mineral al ser triturado; disgregación de los grumos de cal, que nunca faltan; destrucción de la grasa que hace **flotar** las partículas de oro fino, que escapan a la acción de los paños o de los tableros, y en fin, coagulación de las partículas coloides —lodos muy finos— y sedimentación consiguiente de ellas. No es extraño que este sistema dé, como resultado inmediato, **aumento** del oro libre recogido en los paños y tableros.

El uso de la cal en exceso, además del inconveniente de ser un gasto inoficioso, acarrea complicaciones en la precipitación, porque incrusta las virutas de zinc con sedimentos que impiden el contacto íntimo con la solución aurífera.

Fuera de lo expuesto sobre el uso de la cal, ocurren problemas especiales que necesitan un estudio detallado del caso, generalmente con la intervención del químico. En esto, como en todo lo demás que se refiere a la cianuración, una observación atenta y metódica puede llevar a resultados muy valiosos.

Las primeras porciones del lavaje de una carga que se trata en un tanque donde se han hecho varias operaciones con cianuro, suelen mostrar reacción alcalina debido a que las telas y material del filtro quedan más o menos impregnados de cal y cianuro. Es bien sabido que los cianuros de potasio y de sodio muestran reacción alcalina con la fenoltaleína. De modo que hay que prevenirse contra este posible error y no aceptar como alcalinidad permanente sino la que persiste al cabo de varias horas de lavaje.

#### TITULACION O ANALISIS VOLUMETRICO

Titular, en lenguaje químico, es hacer reaccionar dos sustancias en solución, con el fin de conocer cuantitativamente una de ellas, computando los volúmenes necesarios de la otra solución, de tenor conocido, necesarios para producir un fenómeno de coloración o precipitación apreciable a la vista. El análisis volumétrico o titulación es, digámoslo así, un sistema de pesar sin balanza.

Esta forma de análisis tiene enormes ventajas. Demos el caso co-



mún y corriente de tener que conocer el tenor en cianuro de potasio de una solución. Como las soluciones de cianuros alcalinos no se pueden evaporar porque a la temperatura de ebullición se descomponen, y aunque no fuera así, al eliminar el agua se obtendría no solamente el cianuro sino, mezclados con él, todos los demás cuerpos que lo acompañan y que se han acumulado como impurezas, se presentaría, pues, el problema muy complejo, de la separación. Sería preciso precipitar el cianuro en forma de un compuesto insoluble, estable, para separarlo por filtración; después secar el filtro, calcinarlo, etc., etc., antes de la pesada definitiva. En cambio, con el sistema volumétrico la determinación de la concentración de una solución de cianuro alcalino es cuestión de minutos y la exactitud del análisis es muy grande.

La práctica de la titulación es ésta: a un volumen conocido de solución de la sustancia cuya concentración quiere averiguarse se añaden unas gotas de un indicador disuelto en un vehículo apropiado. En seguida se agrega poco a poco la solución del reactivo que al reaccionar con el cuerpo que se analiza lo transforma en un compuesto diferente. Al saturarse los dos reactivos cambia a la vista el aspecto de la solución, por coloración o decoloración, indicando el final de la operación. El volumen de solución de tenor conocido empleado permite computar cuantitativamente la sustancia que se analiza.

Los **indicadores** son generalmente cuerpos orgánicos complejos que no intervienen desfavorablemente en las titulaciones y que producen un cambio **visible** en condiciones determinadas. Los indicadores más usuales son: el **azul de tornasol** en solución acuosa; se pone rojo con los ácidos y azul con las bases. La **fenoltaleína** disuelta en alcohol; es incolora en medio neutro o ácido, roja en soluciones alcalinas. El **metil orange**, disuelto en agua es amarillo y no cambia con las bases ni en medio neutro. Se vuelve rojo con los ácidos.

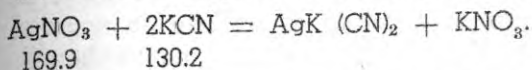
Las soluciones empleadas en el análisis volumétrico son de dos clases: las soluciones empíricas o **standard** y las soluciones normales o sistemáticas. Las primeras contienen un peso cualquiera, por ejemplo 10 gramos de una sustancia en un litro, por consiguiente 0.010 de gramo en un centímetro cúbico. Otras veces contienen una cantidad tal de reactivo que cada centímetro cúbico corresponda a una fracción decimal de gramo, digamos un miligramo, de la sustancia que se analiza.

En cuanto a las soluciones normales están preparadas de modo que cada litro contenga un equivalente del reactivo pesado en gramos. Como estas soluciones normales resultan con frecuencia demasiado concentradas, se acostumbra hacerlas al décimo de concentra-

ción y entonces se les llama soluciones **décimnormales** y se indican con este símbolo  $\frac{N}{10}$

Un equivalente-gramo de una sustancia es el número de gramos de ella necesarios para saturar un equivalente-gramo de otro cuerpo con el cual reacciona. La molécula de ácido sulfúrico,  $H_2SO_4$ , pesa, computada en gramos, 98, pero como el ácido sulfúrico es bibásico, puede saturar dos moléculas de hidrato de potasio, KOH, con un peso molecular en gramos de 56. De suerte que la cantidad de ácido sulfúrico capaz de saturar una molécula-gramo de hidrato de potasio o una molécula-gramo de hidrato de sodio, es la mitad de 98, o sean 49 gramos, el equivalente del ácido sulfúrico. Si disolvemos 49 gramos de  $H_2SO_4$  en un litro de agua tenemos una **solución normal** de ese ácido, capaz de saturar con cada centímetro cúbico 56 miligramos de KOH ó 40 miligramos de NaOH.

La solución empleada comúnmente para titular las de cianuro es una solución **empírica** o **standard** y está basada en esta reacción.



Es decir, 169.9 gramos de nitrato de plata saturan o se combinan completamente con 130.2 gramos de cianuro de potasio. Ahora, si queremos tener una solución tal que cada centímetro cúbico nos acuse 10 miligramos de cianuro de potasio, tenemos que calcular qué cantidad de nitrato es necesaria para ese fin, basados en la reacción anotada.

El cálculo es éste:  $\frac{169.9}{130.2} = 1.304$ , lo cual indica que para saturar una

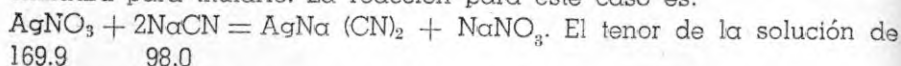
unidad de cianuro de potasio se necesitan 1.304 de nitrato de plata. Ahora, si disolvemos 13.04 gramos de nitrato de plata en agua hasta formar un litro de solución, cada centímetro cúbico de ésta contendrá

$\frac{13.04}{1.000} = 13.04$  miligramos de nitrato, capaces de saturar 10 miligra-

mos de KCN. Así, cuando se emplean, al titular un lote de solución de cianuro, 2 centímetros cúbicos de solución de nitrato, se debe interpretar que en ese lote de solución hay 20 miligramos de cianuro. Si el lote o volumen titulado fuera de 10 centímetros cúbicos, la solución contendría 2 miligramos de cianuro por centímetro cúbico, 2 gramos por litro, o 2 kilos por metro cúbico o por tonelada de solución.

Como el cianuro usado universalmente en la metalurgia del oro

no es el de potasio sino el de sodio, parece lógico tener una solución **standard** para titularlo. La reacción para este caso es:



nitrateo para titular cianuro de sodio de modo que cada centímetro cúbico indique 10 miligramos de NaCN es de 17.33 gramos de AgNO<sub>3</sub> al litro.

Para determinar la alcalinidad se emplea la solución  $\frac{N}{10}$  de áci-

do oxálico que contiene 6.285 gramos de ácido puro por litro. Cada centímetro cúbico de esta solución indica 4.0 miligramos de NaOH; 5.6 miligramos de KOH; 2.8 miligramos de CaO; 3.7 miligramos de Ca(OH)<sub>2</sub> en el volumen de solución titulada. El indicador más apropiado es la fenoltaleína.

Al tratar de cada reactivo por aparte daremos más detalles sobre la titulación.

La composición de las soluciones décimormales más usuales es:

**De ácido oxálico:** 6.285 gramos de ácido en un litro de agua.

**De carbonato de sodio:** 5.292 gramos de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> en un litro.

### Procedimiento de las titulaciones

En el análisis volumétrico se emplea el aparato llamado bureta. **La bureta** es un tubo de vidrio muy bien calibrado y graduado en décimos de centímetro cúbico. Cada centímetro cúbico se marca con un número, empezando de arriba abajo. El origen de las divisiones se señala con una O. Las rayitas en los medios y en los centímetros completos son un poco más largas. Por la parte baja la bureta termina en punta delgada y antes de ésta hay una llave o canilla de vidrio con el fin de graduar el escape del líquido a voluntad.

La capacidad de las buretas es variable —10, 50, 100 c. c.— pero para las necesidades del cianurador un aparato de 10 c. c. es suficiente. Si se quieren obtener resultados exactos al analizar con la bureta, es preciso conservar el aparato muy limpio evitando que le entre polvo o cualquier materia extraña. Para ello se cubre la abertura del tubo con un corcho o con un capuchón de papel durante el tiempo que no se la tiene en uso. Hay que cuidar de lavar bien la bureta con agua destilada o llovida, antes y después de utilizarla, con un líquido distinto del usual. Al terminar un análisis no se deje el aparato con el líquido restante, porque éste se evapora más o menos y se modifica su concentración. Al escurrir el líquido contenido en la bureta quedan siempre en el tubo capilar de la extremidad algunas

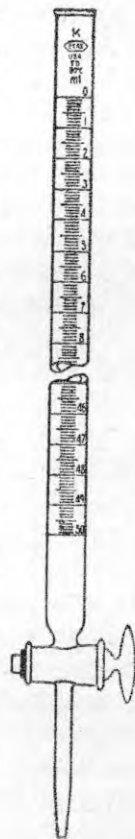
gotas que si no se eliminan, se secan y se redisuelven en la próxima titulación introduciendo un factor de error en el resultado. Con sólo soplar en la boca del tubo se expulsan las gotas que pudieran haber quedado.

En las titulaciones con nitrato de plata, la bureta se mancha rápidamente de negro con plata precipitada y la lectura de las divisiones se hace difícil. Basta lavar el tubo con solución de cianuro y luego con agua para volver la bureta a su estado normal.

En la superficie del líquido en la bureta, se observa lo que se llama **menisco**, o sea una especie de medialuna producida por la adhesión del líquido a las paredes del tubo. Se ven dos líneas de demarcación, pero con buena iluminación, la baja se hace más clara y debe adoptarse siempre para la lectura, procurando tener los ojos a nivel del menisco.

A continuación damos la lista de los reactivos, indicadores, o elementos más indispensables que deben mantenerse en el laboratorio de una pequeña planta de cianuración:

- 200 centímetros cúbicos de nitrato de plata.
- 100 " " " yoduro de potasio.
- 100 " " " fenoltaleína.
- 100 " " " ferrocianuro de potasio.
- 100 " " " ferricianuro de potasio.
- 1 libra de acetato de plomo.
- Carbonato de sodio.
- Acido oxálico.
- Amoníaco concentrado.
- 1 kilo alumbre.
- 2 buretas de 10 c. c. con empaque.
- 2 pipetas de 5 c. c.
- Vasos o beakers
- 12 tubos de vidrio para ensayes.
- 1 lámina de hierro para quemar precipitados.
- 1 balanza.
- Antídotos para envenenamiento con cianuro.



Bureta

#### ALCALINIDAD PROTECTORA

También nos extenderemos un poco al hablar de la alcalinidad protectora por la importancia que esto puede tener en la cianuración.

Ya dijimos que los cianuros de potasio y de sodio son sales muy inestables, que se dejan descomponer con gran facilidad por los cuerpos de carácter ácido que se encuentran en abundancia en los minerales de oro y plata. Para que el procedimiento de la cianuración resulte económicamente aplicable, es preciso defender el cianuro —reactivo costoso— de la acción de los cianicidas. Ya estudiamos el modo de eliminar los cianicidas solubles, por medio de un lavaje con agua; explicamos también qué se entiende por acidez latente —insoluble en agua— y modo de combatirla. Nos resta ahora examinar cómo actúa la cal sobre los **cianicidas insolubles**, definir lo que se llama **alcalinidad protectora** y dar la razón de ser de ésta.

Prescindamos por el momento de los cianicidas neutros y salinos y limitémonos a los cianicidas de carácter ácido.

Habíamos dicho que la solución de cianuro sólo debe añadirse al mineral cuando el lavaje manifieste reacción alcalina con la fenoltaleína. Es posible, y como ocurre con frecuencia, que a pesar de que el lavaje se muestre alcalino, existan zonas del contenido del tanque que aún permanecen ácidas, debido a irregularidad en la distribución de la cal, a deficiencia de ésta, a falta de homogeneidad en la percolabilidad de la carga, etc. Cuando ocurre lo que contemplamos y se añade, para empezar el tratamiento, una solución de cianuro neutra, es decir, que no contenga álcali libre en solución, o lo que es lo mismo, alcalinidad protectora, el cianuro, indefenso, por decirlo así, al ponerse en contacto con las zonas ácidas de la arena se deja descomponer cediendo su álcali —potasa o soda— al ácido cianicida y abandonando el ácido cianhídrico, que así aislado de su base no tiene poder disolvente sobre los metales preciosos. En cambio, cuando la solución va protegida por la cal en disolución, es decir, cuando posee alcalinidad protectora, la cal libre se fija inmediatamente sobre el ácido cianicida, lo satura y forma con él una sal inofensiva. Aun en los casos en que la solución de cianuro protegida por la cal se ponga en contacto con lotes de arena de excesiva acidez y la alcalinidad que posea no sea suficiente para defenderla y se desprenda algo de ácido cianhídrico, éste al encontrar nuevas porciones de solución de cianuro alcalino, se fija sobre la cal, deja de ser volátil y queda en condiciones de que más adelante, por reacciones especiales, vuelva a su estado inicial de cianuro de potasio o sodio. Aun en el caso más desfavorable de que el cianuro persista en forma de cianuro de calcio, va mucho ganado, pues éste posee propiedades disolventes sobre los metales nobles y además, no se pierde el ácido cianhídrico por volatilización o escape al aire.

Es obvio que la alcalinidad protectora, aunque llegue al máxi-



mum es decir, que la solución esté saturada de cal, no es una panacea para corregir la acidez de un mineral mal preparado: mal lavado o no lavado cuando sea preciso, que tenga la cal mal distribuída o en cantidad insuficiente.

La alcalinidad protectora sirve, además, para defender la solución de la acción nociva del ácido carbónico del aire. Este ácido tiene la tendencia a apoderarse del álcali soluble del cianuro y transformarlo en carbonato, desalojando el ácido cianhídrico que se escapa al aire. La ligera capa o película que se nota en la superficie de las soluciones de cianuro, en quietud, está constituida, las más de las veces, por carbonato de calcio: el ácido carbónico se fijó sobre la cal, defensa del cianuro, en vez de emplearse descomponiendo a éste.

Es claro que no siempre es preciso tener las soluciones al máximo de alcalinidad protectora posible. Con frecuencia un exceso de cal es una molestia porque incrusta con rapidez los filtros, las tuberías de conducción de solución y cubre, como ya dijimos, la superficie de las virutas de zinc aislándolas del contacto íntimo con la solución, condición precisa para una precipitación satisfactoria. El exceso de cal entraba la disolución de los valores especialmente en oro. En los minerales cargados de ciertos sulfuros —la stibinita o sulfuro de antimonio— por ejemplo, la alcalinidad, aun moderada, es perjudicialísima.

Para reconocer cualitativamente —sin determinar la cantidad— la alcalinidad protectora de una solución de cianuro se procede así: se titula como de costumbre para buscar el cianuro libre y se añade un ligero exceso de nitrato hasta que el precipitado opalino de yoduro de plata sea muy aparente; se añade luego un centímetro cúbico, aproximadamente, de una solución al cinco por ciento de ferrocianuro de potasio en agua; se agita, y por fin se añaden unas gotas de solución de fenoltaleína. Si el líquido no se pone rojo, la solución está ácida o neutra; si manifiesta un ligero color rosado, está levemente alcalina y si el color rojo es muy vivo, la alcalinidad protectora es muy fuerte.

**Si no hay zinc** en la solución se añade a determinado volumen de ésta, 10 c. c., por ejemplo, de solución de nitrato de plata, hasta producir turbidez marcada y permanente; en seguida, sin filtrar, se ponen unas gotas de fenoltaleína, las cuales, si hay alcalinidad protectora dan el rojo característico. Para terminar se titula con la solución décimormal de ácido oxálico hasta la desaparición del rojo del indicador. Con los datos obtenidos de la titulación se hace el cálculo en la misma forma que se indicó para el ensaye de pureza de la cal.

**Si hay zinc** en la solución, como es el caso con la mayor parte de las soluciones de trabajo, antes de titular con el ácido normal, se añade al volumen de solución que se va a titular, suficiente exceso, 10 c. c., de una solución de ferrocianuro de potasio al 5%; luego se procede a la titulación en la forma indicada en el párrafo anterior.

Repetimos de nuevo: cada mineral es un caso especial y sólo una observación atenta, inteligente y metódica puede llegar a definir las condiciones más favorables del tratamiento de un mineral, tales como: concentración de la solución, duración del contacto, intensidad de la alcalinidad protectora, etc., etc. Se han visto casos en que soluciones de cianuro ácidas den mejor resultado que las alcalinas o neutras.

#### CIANURO TOTAL EN LAS SOLUCIONES DE TRABAJO

En las soluciones de cianuro envejecidas, o en otros términos, las que han servido para el beneficio de una gran cantidad de arenas, se encuentran además del cianuro libre y de la cal, de que ya hablamos, muchas otras sustancias. La mayor parte de éstas son cianuros sencillos y cianuros dobles, resultado de la combinación del cianuro alcalino —que se añade para reforzar la solución— con los metales que se encuentran en el mineral. Estas sustancias al irse acumulando en la solución la hacen más espesa, más vigorosa y menos apta para la disolución y precipitación de los valores, aunque manifieste el tenor reconocido como más favorable, en cianuro libre, para el tratamiento. En este caso la solución se pone **perezosa** y el porcentaje de extracción cae por lo general, salvo que el tratamiento se prolongue mucho. En las cajas de precipitación se presentan fenómenos molestos, como **formación de espuma persistente, precipitación de sustancias gelatinosas, fijación de incrustaciones en las virutas de zinc**, deficiencia de la precipitación de los metales nobles, etc.

**Se llama cianuro total** de una solución el equivalente en unidades de cianuro de potasio (KCN) de todo el cianógeno existente en forma de cianuros simples y de cianuros dobles de fácil descomposición, tales como el cianuro doble de zinc y potasio ( $K_2ZnCN_4$ ).

Cuando se sospeche que la solución está muy recargada de materias secundarias nocivas debe titularse por cianuro total y para ello se procede como para la titulación del cianuro libre, con la diferencia de que antes de añadir la solución de nitrato de plata se agregan a la solución que se titula unas gotas (8 ó 10) de solución concentrada de potasa o soda cáustica. El resultado final indica el título de la solución en cianuro total, comprendiendo en éste el cianuro de potasio y sodio, los cianuros sencillos de otros metales y los cianuros dobles

inestables. Los cianuros dobles muy estables, los ferrocianuros y los ferricianuros no quedan computados en este resultado.

Debe procederse con mucha cautela y no descartar una solución vieja como inútil aunque se encuentre en ella una gran proporción de cianuros dobles, pues hay algunos de ellos, como el cianuro doble de zinc y sodio y el cianuro doble de zinc y potasio, que son solventes del oro y de la plata. Sólo en caso de que se observe un cansancio muy manifiesto de la solución debe botarse, naturalmente reduciendo en lo posible su tenor en cianuro libre, descontinuando las adiciones de cianuro sólido que se hacen ordinariamente para mantener el título. A veces es buena práctica emplear la solución vieja que pretende botarse, dando con ella el tratamiento preliminar a una carga de mineral muy ácido. Así se utilizan muchos cianuros sencillos y dobles y la cal en solución, destruyendo cianicidas. La solución así empleada debe precipitarse sobre el zinc con sumo cuidado: muy lentamente y en una gran masa de virutas, porque aunque al salir de la carga no manifieste cianuro libre es absolutamente seguro que tiene valores disueltos.

Es oportuno indicar aquí que en caso de que las soluciones de cianuro que se pretenda titular estén muy turbias y no sea posible observar con precisión el punto final de la aparición del precipitado opalino, deben filtrarse, pero **en ningún caso** añadir cal, alumbre o cualquier otra sustancia que facilite la decantación, porque se alteraría la solución obteniéndose un título erróneo.

Dijimos anteriormente que las buretas o pipetas, lo mismo que las vasijas de vidrio en que se han hecho muchas titulaciones se cubren, en el interior, de una película blanca que no permite ver con claridad la reacción final. Unas cuantas gotas de ácido muriático, sulfúrico diluido, nítrico y aun ácido de limón disuelven también ese sedimento blanquizco.

Las soluciones muy cargadas de ferrocianuros y ferricianuros son de color de ron o verde sucio y con frecuencia opalinas, vistas en grandes masas. El ferrocianuro que generalmente se presenta en mayor proporción, es un reductor: se apodera del oxígeno de las soluciones y retarda la extracción de los valores. El ferricianuro es, por el contrario, oxidante, y facilita en muchos casos la disolución del oro y de la plata. Algunos minerales tienen la propiedad de purificar automáticamente las soluciones envejecidas, precipitando en estado sólido los productos nocivos que se acumulan en ellas. Además, con cada carga que se trata, se elimina una cantidad dada de solución, la cual se bota con las arenas, porque no es práctico prolongar el lavaje final hasta extraer todo el cianuro que las impregna. Al em-

pezar la percolación de una carga nueva también se incorpora a la solución el agua que humedece el mineral. De modo que con cada tratamiento se modifica la concentración de la solución con la adición del agua pura de la humedad de las arenas que viene a reemplazar el líquido que se descarta con los residuos. El volumen de solución en una planta dada, debe ser prácticamente constante.

Cuando en el tratamiento de un mineral por cianuración se presente la solución de color verde o azul, o se forme un precipitado del mismo color, **es indicio seguro de falta de cal** o de mal lavaje preliminar. Esa coloración se debe a presencia de hierro soluble, generalmente sulfato ferroso, en las arenas, y es un descuido imperdonable. Se corrige ese inconveniente alcalinizando la solución y poniendo mayor cuidado en el lavaje inicial con agua.

La química de la cianuración es sumamente complicada y por lo tanto el cianurador práctico que no posee conocimientos especiales en aquella ciencia, ni tiene laboratorio completo de investigación, debe prescindir de entregarse a ensayos de tratamientos que salgan de la rutina ordinaria del procedimiento. Los factores concentración y volumen de la solución, intensidad de la alcalinidad protectora, duración del tratamiento y preparación mecánica preliminar del mineral, son suficiente base para obtener resultados satisfactorios en un mineral cianurable. La adición de reactivos especiales, refinamientos en los sistemas de precipitación etc., introducen problemas complicados que no están al alcance del práctico.

---



# JESUS ESCOVAR ALVAREZ & CIA.

LABORATORIO DE FUNDICION Y ENSAYES  
DE LOS MINEROS DE COLOMBIA

FUNDICION Y ENSAYE DE ORO Y PLATA  
Y DE PRECIPITADOS DE CIANURACION

---

ESTUDIO DEL TRATAMIENTO  
DE MINERALES AUROARGENTIFEROS

---

Referencias: Casa de Moneda de Medellín





# JESUS ESCOBAR ALVAREZ & CIA.

LABORATORIO DE FUNDICION Y ENSAYES  
DE LOS MINEROS DE COLOMBIA

FUNDICION Y ENSAYE DE ORO Y PLATA  
Y DE PRECIPITADOS DE CIANURACION

---

ESTUDIO DEL TRATAMIENTO  
DE MINERALES AUROARGENTIFEROS

---

Referencias: Casa de Moneda de Medellín

## CAPITULO VI

### HISTORIA DE LA CIANURACION

Desde el año de 1844 el Profesor L. Elsner publicó algunas investigaciones relacionadas con el poder disolvente de las soluciones de los cianuros alcalinos sobre los metales preciosos. Estos estudios no dieron, por el momento, resultado práctico inmediato ninguno. Más tarde, en 1887, el metalurgista J. S. Mac Arthur y los médicos R. W. y W. Forrest, todos ellos de nacionalidad inglesa, registraron la primera patente para el tratamiento de los minerales auríferos por medio de soluciones diluídas de cianuro de potasio y precipitación de los valores con zinc. Es interesante anotar que las ideas básicas de los iniciadores del procedimiento de cianuración aún subsisten: empleo de soluciones diluídas en medio alcalino, precipitación con zinc finamente dividido, etc.

Los iniciadores de procedimiento metalúrgico tan valioso e importante derivaron poco provecho pecuniario de su trabajo, pues muy pronto les cayeron numerosos pleitos y litigios en el uso de las patentes.

La primera mina que empleó la cianuración en grande escala y con resultado satisfactorio fue la "Crown" en Nueva Zelandia.

La parte química del procedimiento de cianuración ha progresado relativamente muy poco: todavía se emplean las soluciones débiles de cianuros alcalinos; se precipita con zinc en forma de polvo o de virutas; se alcalinizan los minerales casi universalmente con cal, etc. En un principio se empleaba el cianuro de potasio, pero luego se adoptó exclusivamente el de sodio que tiene el mismo poder disolvente, más las ventajas de ser más barato porque la base sodio es menos escasa y más económica que la base potasio, fuera de que el cianuro de sodio tiene mayor porcentaje de cianógeno, que es el elemento activo de los cianuros alcalinos. En la precipitación de los valores se han preconizado varios procedimientos que no han tenido la sanción de la práctica, tales como la precipitación con aluminio, con polvo de carbón vegetal, precipitación eléctrica, etc.

Sin embargo, la parte mecánica de la cianuración ha progresado considerablemente desde los tiempos en los cuales se inició el procedimiento, dando como resultado que este tratamiento metalúrgico se pueda aplicar a minerales muy pobres y aun complicados.

En suma, la cianuración ha abierto un campo vastísimo en el beneficio de los minerales auríferos y ha permitido la explotación económica y productiva de minas que antes eran consideradas como ruinosas de trabajar.

#### BENEFICIO DE ARENAS Y LODOS AURIFEROS

**Percolación.**—En realidad son muy escasos los minerales de oro que pueden ser beneficiados satisfactoriamente con una simple trituración acompañada de amalgamación y recolección del oro libre en los tableros, bayetas, mesas, etc. Casi siempre las arenas y lodos resultantes de los molinos de pisones, de los molinos de bolas o de otras máquinas de trituración o pulverización, contienen valores que no pueden despreciarse y en muchos casos los productos mencionados llevan un alto porcentaje de los metales valiosos del mineral. El oro y la plata se presentan de diversas maneras en los residuos de los molinos: en forma de partículas metálicas libres, extremadamente finas o menudas, que por lo mismo escapan fácilmente a los aparatos de concentración por gravedad; en forma de metal libre englobado u oculto en los granos de ganga que por su baja densidad o gran volumen sirven de flotadores a la partícula metálica, que apresada en los granos rocosos esquiva la concentración por gravedad y la amalgamación; en fin, ocasionalmente, el oro y la plata se encuentran en las arenas en forma de combinación química, siempre con una densidad inferior a la del metal libre, como ocurre, por ejemplo, con el telururo de oro y el sulfuro de plata. También es común que los metales nobles se encuentren asociados, en forma no bien definida, a los sulfuros metálicos.

Es obvio que el sistema de tratamiento más apropiado para unas arenas determinadas depende de la forma como se presenten en ellas los valores. Se impone, pues, un estudio preliminar de esta cuestión antes de emprender el montaje de la planta de beneficio. Como esta investigación no está al alcance del minero común y corriente, debe hacerse en un laboratorio especializado en esta clase de trabajos. Nos parece inoficioso entrar a detallar aquí los procedimientos empleados generalmente en estos estudios de la metalurgia del oro y de la plata. Bástenos decir que se empieza por la determinación del tenor de los productos en oro y plata y luego se avanza en el estudio del trata-

miento, partiendo de lo más sencillo y fácil y terminando con lo más complejo.

El beneficio de arenas auríferas —producto de los filones— se practica en Colombia, con muy raras excepciones, por el sistema de cianuración por **percolación**. Por lo tanto trataremos este punto a mayor espacio y más someramente lo relacionado con otros sistemas metalúrgicos más complicados y poco empleados entre nosotros.

**Percolar** es hacer atravesar la masa de arenas por un líquido. La percolación puede ser por gravedad o forzada. La percolación por gravedad se obtiene haciendo atravesar la masa de arenas depositadas en un tanque, provisto de falso fondo o filtro, añadiendo la solución o líquido en la superficie nivelada de las arenas. La percolación forzada se consigue bombeando la solución a presión por debajo del filtro y haciendo que el líquido ascienda a través de la masa de residuos. Muy rara vez se apela a una percolación mixta: una percolación por gravedad ayudada de un vacío más o menos avanzado, efectuado por debajo del filtro.

En la percolación desciende la solución a través de las arenas, aprovechando los poros de la masa, es decir, los espacios libres que hay entre los granos del material. Es claro que mientras más grandes sean las partículas de la arena, más rápida será la percolación. Pero en esto, como en muchas otras cosas, lo mejor es enemigo de lo bueno: si se obtiene arena muy gruesa para conseguir la percolación muy buena, la extracción resulta deficiente porque los granos de oro, que es lo que se trata de disolver, quedan englobados dentro de las partículas impermeables de arena. El ideal para una buena percolación y efectiva disolución de los metales nobles sería obtener arenas de grano parejo en volumen, de grueso tal que las partículas de metal quedaran expuestas a la acción del solvente sin avanzar en la trituration a más de malla N<sup>o</sup> 20. Pero desgraciadamente estas condiciones aunque ideales, jamás se consiguen en la práctica industrial. Todo mineral, al tritularlo, produce lodos o **vites**, es decir, partículas muy menudas, algo parecido a los granos de la arcilla o barro. Todos sabemos que el barro es impermeable en grado sumo. Los lodos en las arenas tienen origen diferente: los naturales provienen de los barros o arcillas que se encuentran en casi todos los minerales; estos lodos no se pueden evitar, al menos prácticamente. Los lodos artificiales, digamos, que son los producidos por una trituration extrema o exagerada del mineral, sí pueden controlarse dentro de límites bastante amplios. En los molinos de pisones la abertura de la malla o cerneadora, la cantidad de agua en la batería y la profundidad de los pisos, son factores definitivos en la producción de lodos. En todo caso,

es imposible obtener arenas limpias de lodos y para conseguir buena percolación no quedan sino dos recursos: eliminar los lodos o mezclarlos homogéneamente a las arenas. Lo primero casi nunca es conveniente, porque los lodos generalmente contienen valores considerables; la operación de eliminar los lodos es relativamente sencilla y puede efectuarse manual o mecánicamente. El segundo recurso, mezclar los lodos y las arenas, es lo más práctico y efectivo.

Ante todo, el minero debe preocuparse por extraer a su mineral el mayor porcentaje de oro libre que sea posible, subordinando, naturalmente, el tratamiento preliminar a las exigencias del proceso de cianuración, si éste ha de aplicarse a las arenas. Las características del mineral determinan el método que debe seguirse en su tratamiento. Un mineral de oro suelto, grueso, no exige trituración muy avanzada; en cambio un material que contenga oro muy fino o íntimamente asociado a los sulfuros, demanda molienda a grano menudo, pero no tanto que se produzcan muchos lodos, difíciles de recoger y más de cianurar. El molino de madera, a pesar de sus imperfecciones, tiene cierta elasticidad y se puede obtener con él trituración a grano fino o producir arena muy menuda y aun lodos, según convenga. Naturalmente, la capacidad de la máquina, en cuanto al tonelaje que pueda rendir, varía en razón inversa a la finura de la molienda. A grano más fino menor rendimiento y viceversa. Los factores —prescindiendo de las propiedades físicas del mineral— que determinan el grado de pulverización, son: altura de los pisos sobre la reja o cernedor; diámetro o calibre de los orificios de ésta; cantidad y distribución del agua en la batería; superficie de descargue de la reja del cernedor; altura de caída del pisón y número de golpes por minuto, en fin, orden del golpe, en la batería. También tiene influencia muy marcada el que los pisos sean de arena o de metal y el modo de cebar o atizar la batería.

Como se ve, entran tantos factores y tan diversos en el problema, que es imposible dar reglas generales. Cada mina es un caso particular, pero con experiencia, buen juicio y observación atenta, se puede precisar lo más conveniente.

Con mucha frecuencia los minerales de una misma mina y aun de un mismo filón varían tan radicalmente en cuanto a dureza, estado físico del oro, etc., que es preciso modificar la manera de triturar el material. Demos el caso de que se presente a la vez en zonas distintas del filón, mineral barroso, blando, y mineral resistente y duro. En el caso que contemplamos sería buena práctica triturar mezclados los dos productos para obtener mejor rendimiento del molino, sobre todo si es el caso de pisos de arena. Si se presentare barro solo hay



que poner muy poco golpe a los pisones, aumentar el número de golpes por minuto y añadir bastante agua a la batería y aun fuera de ella a los tableros para evitar que la pulpa resulte demasiado gruesa y el oro **se embalse**. No estaría por demás, si las condiciones del mineral lo permiten —presencia o ausencia de sales solubles— la adición de cal en la batería para ayudar a la decantación de los lodos, si éstos tienen valores.

Por regla general, los lodos crean un inconveniente en la cianuración: dificultan y alargan el tratamiento por percolación; reducen el porcentaje de extracción en las arenas limpias y consumen más cal y más cianuro que el material grueso. Por lo tanto, se debe estudiar, hasta donde sea posible, evitar los lodos: no producirlos o prescindir de llevarlos a las tinajas. Naturalmente sería preferible lo primero: no producirlos y ganar en la capacidad del molino. Es imposible no hacer lodos al triturar, pero sí se puede reducir considerablemente su cuantía atendiendo a las instrucciones que dimos antes. Con minerales barrosos no se puede evitar la formación de **vites**. Si los lodos no tienen valor, o éste es muy bajo, se deben eliminar al hacer la decantación en los depósitos para recoger arenas, haciendo éstos de poca capacidad y no permitiendo que se formen charcos o acumulaciones de agua tranquila que favorece la sedimentación del polvo fino y liviano. También se pueden emplear aparatos de clasificación por volumen con el fin de separar los **vites**. Estos artefactos son sencillos y funcionan automáticamente.

En la mayor parte de nuestras minas los depósitos para recoger las arenas son huecos en tierra. A lo sumo se protegen los costados con madera redonda y en pocos casos con tablas. La pulpa de las baterías va a estos tanques y en ellos se decanta y a medida que se van llenando de arena se colocan tablitas en la salida a fin de ir subiendo el nivel hasta llegar a la superficie del terreno. Este sistema permite evitar que se forme charco de agua tranquila y se acumule lodo, lo cual no se puede conseguir si el depósito no tiene escape graduable en altura. De cualquier forma que sea el receptáculo en que se recojan las arenas del molino, no se puede impedir que se haga una separación de las arenas y los vites. El ideal para el tratamiento de las arenas por cianuración, sería conseguir un producto en el cual los finos y los gruesos —lodos y arenas— estuvieran homogéneamente mezclados. Esto es difícil de conseguir en la práctica en grande escala. Hay dos recursos baratos y sencillos para obtener algo en este sentido: depósitos en los cuales sea posible cambiar el lugar de entrada de la pulpa y paleo metódico al vaciar el tanque, procurando tomar de **cola** y **cabecera** simultáneamente. Existen tam-

bién aparatos estacionarios que permiten eliminar parte de los lodos y recoger una pulpa bastante homogénea, pero tienen el inconveniente de que exigen desnivel entre la extremidad baja de los tableros del molino y las plazas para la arena.

Cuando no se pueda evitar que los lodos o parte de ellos se separen de las arenas y resulte un material imposible de percolar solo, y por otra parte su riqueza justifique el tratamiento, se puede ensayar, exponer los vites en capa algo delgada, bajo techo, a la acción del aire o asolearlos en tiempo de verano, hasta que su consistencia permita menudearlos con una pala al volumen de granos de cacao y mezclarlos a las arenas antes de llevarlos a las tinas. Conocemos casos en que este procedimiento ha dado buen resultado. Se requiere sí, que las arenas por su parte no estén demasiado recargadas de finos.

No recomendamos el procedimiento empleado por algunos cianuradores de llevar las arenas directamente de las baterías a los tanques de percolación arrastradas por agua. Este método tiene graves inconvenientes, que son: el material que se deposita en el seno del agua se aprieta demasiado y se dificulta la percolación. Salvo en caso de que se establezcan varias entradas de la pulpa a la tina, la arena gruesa se separa de los finos y se forman zonas de diferente permeabilidad, cosa inconveniente. Si no se instala algún aditamento que contribuya a ir eliminando el agua que llega con la arena y se permite que ésta se acumule en el depósito y forme charco tranquilo se asentarán los lodos haciendo la carga impermeable. No es menor el perjuicio que se sufre con este modo de llenar los tanques debido a la demora que seguramente ocurre en la operación, pues el producto de arenas de un molino pocas veces da la carga de una tina sino al cabo de varios días de trabajo.

La llenada de las tinas a pala, si más costosa, tiene sus ventajas: permite mezclar bien las arenas y los lodos; la carga resulta más suelta, floja y permeable; es posible añadir la cal más homogéneamente.

Las arenas deben tratarse tan frescas como sea posible para evitar alto consumo de cal, de cianuro y de zinc y complicaciones en la precipitación, fuera del engorroso lavado del material, que a veces demora los tanques percoladores por varios días y hace casi imposible la alcalinización de la carga del depósito, salvo caso que se la repalée afuera y se le añada la cal al llevarla de nuevo al receptáculo.

En las arenas viejas, aunque sean muy poco piritosas, se desarrollan rápidamente sales solubles de hierro, cobre, etc., que hay

que sacar por medio de un lavaje con agua. En los montones de arenas muy viejas se acumulan materias orgánicas, residuos de plantas, etc., que no pueden extraerse con lavados de agua y vienen a consumir cianuro y a determinar fenómenos molestos en las cajas. La **espuma persistente**, viscosa, que se amontona sobre las virutas y hace desbordar las cajas precipitadoras, parece ser resultado de la acción de materia orgánica sobre las soluciones.

Cuando el mineral antes de triturar no contiene sales solubles y se adopta el procedimiento de añadir la cal en la batería, precisa cianurarlo sin demora so pena de perder la cal empleada, pues ésta se carbonata rápidamente y luego de perdida la alcalinidad empieza el desarrollo de las sales de que hemos hablado.

En ningún caso se debe poner cal en las baterías si el mineral virgen muestra sales solubles. Estas en presencia del álcali se descomponen y producen hidratos más o menos solubles con el cianuro. En cambio, al triturar sin cal el material con sales, se hace un lavado y eliminación muy completa de aquéllas.

En el capítulo anterior pusimos de presente las ventajas de la adición de cal en las baterías cuando las condiciones del mineral lo permiten. La alcalinización se hace prácticamente perfecta; los lodos se coagulan, facilitando la recolección del oro libre en los tableros rayados. Las grasas que accidentalmente se han mezclado al mineral provenientes de las velas en la mina y de los lubricantes en el molino, etc., se jabonifican y dejan de producir la flotación de las partículas de oro. Todo esto sin contar que la cal se aprovecha mejor, como que los grumos y troncos se desbaratan en la batería por la acción de los pisones.

En caso de que arenas muy viejas estén excesivamente cargadas de sales solubles o de que se hayan compactado o cementado por la acción de la oxidación, es buena práctica remolerlas poniendo poco golpe a los pisones y empleando agua abundante en la batería.

Al construir los tanques para la percolación de arenas se deben tener en cuenta las características del material que se pretende beneficiar. Si las arenas son limpias y porosas, de suerte que se pueda contar con una percolación fácil, entonces las tinas se pueden construir altas y de sección reducida; pero cuando los residuos son lodosos o demasiado finos y la percolación es lenta y difícil, es el caso de hacer depósitos chatos y de muy baja altura y gran sección o base, de suerte que la capa o columna de arena sea delgada. Las tinas de gran altura y diámetro reducido resultan más baratas, por unidad de capacidad, que los depósitos bajos y de gran diámetro.

Estos últimos son más difíciles de ajustar bien y exigen banqueo de mayor capacidad, lo cual no siempre es fácil de obtener.

**Doble tratamiento.**—Con ciertos minerales se observa que la extracción de los valores al percolarlos con soluciones de cianuro es más elevada si se les mueve o voltea durante el curso del tratamiento. Este fenómeno tiene varias causas, a saber: que las arenas se airean al removerlas o voltearlas; que algunas zonas de la carga que quedaron demasiado apretadas o compactas al cargar la tina y que percolaron deficientemente, cambian de posición y se acomodan en condiciones más favorables; que la cal, al llenar la primera vez, quedó mal distribuída y, al repalear, se reparte mejor; que los lodos y las arenas hubieran quedado más o menos estratificados y al mover el contenido de la tina se mezclen mejor.

Existen dos sistemas para aplicar el procedimiento que venimos estudiando. Uno de ellos consiste en palear a un tablero contiguo a la tina la mitad de la carga de ella. Esta mitad la determina un plano vertical que pasa por el centro del depósito llegando hasta el filtro. Se debe mover primero la mitad contigua al tablero y en seguida llenar el hueco con la otra mitad, y terminar volviendo al tanque la arena del tablado. Esta volteada debe hacerse dos o tres veces durante el tratamiento; la práctica enseñará cuántas movidas son precisas. Si el tratamiento total llevare 18 días y se comprobare que conviene remover la carga tres veces, entonces se hará la repaleada cada seis días.

Otro método de doble tratamiento consiste en trasladar la carga de tina en tina. Supongamos que se beneficia una arena —80 toneladas mensuales— que requiere para la buena extracción tres movidas. Entonces se construirán tres depósitos contiguos de capacidad de 15 toneladas cada uno. La repaleada de tanque a tanque es más fácil y eficaz que la movida de las arenas a un tablado. Las cosas, en el caso que venimos contemplando, implican un buen ajuste o rotación de las operaciones de la planta, de modo que el orden no se descomponga. Cada paleada exige el descargue de las arenas del último depósito, que ya deben tener sus 15 días de beneficio; el paleo del contenido de la segunda tina a la tercera y de la primera a la segunda y, en fin, la llenada de la primera con arenas nuevas. En todo caso, en los días de tratamiento total se deben incluir los necesarios para la lavada inicial con el fin de desalojar las sales solubles y alcalinizar, así como el tiempo necesario para desalojar la solución antes de botar los residuos.

Este procedimiento de doble tratamiento no es aplicable a materiales muy lodosos o cuando los vites se han mezclado a las arenas



picándolos. Esta clase de arena no escurre bien y al efectuar la repaleada se vuelve un pantano o pasta completamente impercolable.

Antes de la repaleada hay que escurrir bien la tina so pena de que las arenas se aprieten o compacten al moverlas.

Terminaremos recalcando sobre lo que ya hemos dicho en otra parte de este estudio: no se pretenda alcalinizar la carga de un tanque añadiendo la cal en la superficie de la arena, bien sea en forma de reactivo sólido o en forma de lechada: la cal es muy poco soluble en el agua —una parte del sólido en 500 de agua, poco más o menos— de suerte que para llevar la alcalinidad a las zonas bajas de la carga es cuestión de semanas.

Otro asunto: nunca se llene una tina con arenas ácidas o cargadas de sales solubles **mezclándoles la cal**. Si se procede así se pierde la cal, se destruye cianuro y se perjudica la extracción, fuera de que en las cajas se forman precipitados sucios. Si las arenas tienen sales solubles no queda más recurso que **lavarlas antes de la adición de la cal**. El lavaje puede hacerse, bien sea pasando las arenas por el molino, si estuvieren muy compactas; en un cernedor o canalón, o en la tina donde ha de efectuarse el tratamiento con cianuro. Después del lavado se debe añadir la cal y percolar con agua para alcalinizar todo el material. La cal se debe añadir **mezclándola a toda la masa**.

En todo tratamiento por percolación es muy benéfico repicar con una pala, cada dos o tres días, la superficie de las arenas, nivelando y emparejando bien el material y revolviendo a las arenas la sustancia lodosa que muy frecuentemente se acumula en la superficie de los residuos. Naturalmente la picada sólo debe hacerse después de escurrir completamente la solución, y proceder sin pisar las arenas directamente con el pie, para no apretarlas. Se trabaja moviéndose sobre una tabla o un tablón de superficie considerable. El tablón se va desalojando a medida que sea necesario.

Se puede establecer como regla general que no conviene percolar las arenas continuamente y que es más provechoso dejar escurrir la solución completamente por períodos definidos; digamos una vez cada 24 horas. Con este procedimiento se consigue oxigenar las arenas dejando entrar el aire al escurrir la solución totalmente.

Cuando los residuos del tratamiento por cianuro quedaren de tenor alto, debe hacerse un esfuerzo por no desperdiciarlos, si las condiciones del terreno y otras se prestaren para un almacenamiento económico. Ocurre que tales residuos se modifican químicamente con el tiempo y puede que al recianurarlos más tarde den buen rendimiento económico. Tampoco es imposible que con el tiempo se per-



feccione la metalurgia del oro y se les pueda aplicar un nuevo procedimiento de beneficio más eficaz.

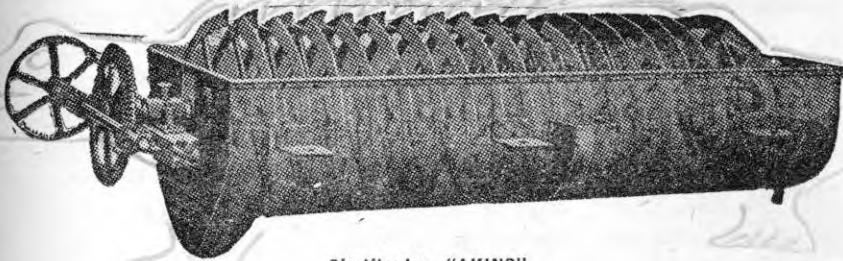
**Beneficio de minerales por agitación.**—La cianuración de minerales muy finamente pulverizados no puede efectuarse por percolación. No puede establecerse a priori hasta qué grado de finura puede llevarse un material sin volverlo impercolable. Depende tanto de las condiciones físicas de la sustancia, que es preciso ejecutar pruebas preliminares en pequeña escala antes de decidirse por la agitación o la percolación para el tratamiento.

Se sabe que al pulverizar minerales es de todo punto imposible evitar la formación de lodos, sea cual fuere la máquina que se emplee para la operación. Seleccionando bien el aparato triturador y manejándolo con inteligencia y cuidado, puede limitarse la producción de finos hasta cierto límite, pero nunca suprimirlos del todo. Ya vimos que con ciertos minerales esta mezcla de arenas y lodos, tal como resulta del molino, se puede percolar y obtener buena extracción con el cianuro. Pero con otros materiales esta sencilla y económica operación no es posible por varias razones: a).—Porque la cantidad o calidad de los lodos hacen imposible o deficiente la percolación; b).—porque las características del mineral exigen trituración a finos para obtener buena extracción de los valores. Aclaremos estos puntos. Ya habíamos explicado cómo con ciertos materiales se producen muchos lodos al triturar. Si la veta contiene mucha arcilla es obvio que ésta al disgregarse en el molino genera una gran cantidad de vites. Estos lodos arcillosos son los más difíciles de manejar por lo finos, a tal punto, que llegan a ser coloidales y difícilmente decantables, con el inconveniente de que a veces suelen absorber y retener las soluciones de cianuro enriquecido. Otras clases de rocas o gangas que se encuentran en los filones auríferos dan lugar, al triturarlas, a la producción de lodos, entre ellos las pizarras. Para esta clase de minerales hay dos soluciones: eliminar en todo o en parte los vites. La eliminación total puede hacerse cuando los lodos no tienen valores considerables y no se justifique su tratamiento. Eliminación parcial, a tal punto que las arenas lodosas restantes sean percolables; y separación de lodos para su beneficio por agitación. Con otra clase de minerales es imperioso pulverizar fino para obtener buena extracción de los metales nobles. Entre estos casos está aquel en que el oro, finamente dividido, está íntimamente mezclado al cuarzo o a los sulfuros.

Vamos a estudiar separadamente cada uno de los casos citados:

**Primer caso.**—Los lodos son abundantes, hacen impercolables las arenas y no contienen valores apreciables. Solución: eliminarlos. Pa-

ra ello se pueden emplear varios sistemas, como depósitos en tierra, conos Gallow, spitz, clasificadores mecánicos, como el Dorr, y clasificación a mano con azadones. Según la importancia de la mina se elegirá el procedimiento más conveniente. Para una mina pequeña basta la clasificación en canalones en tierra con azadones o la clasificación natural en depósitos con altura de descargue graduable. Para una mina de importancia media, en cuanto al tonelaje beneficiado, se pueden emplear conos, spitz o clasificadores Dorr de rastrillos. Para minas más importantes se pueden y deben usar sistemas más complicados y costosos.



Clasificador "AKINS"

Fig. 37

**Segundo caso.**—Lodos abundantes, de buen tenor, hacen las arenas impercolables. Hay que separar el exceso de lodos, percolar las arenas y beneficiar el resto de los vites por agitación. La clasificación o separación de los vites se puede efectuar por alguno de los métodos descritos y proceder a espesarlas a la consistencia debida antes de agitarlos. El espesamiento de los vites se puede obtener por decantación o por espesamiento mecánico, mediante el uso de espesadores Dorr o valiéndose de conos o spitz.

Los espesadores mecánicos tipo Dorr son grandes tanques de lámina de hierro o de madera con fondo ligeramente cónico y provistos de un mecanismo con brazos radiales arrimado al fondo, movido muy lentamente, que permite ir raspando el lodo que se va acumulando en el fondo del tanque y hacerlo converger al ápice del cono donde halla la salida al exterior. El lodo pasa por allí en forma de papilla espesa lista para mezclarle el cianuro, y el agua sobrante se escapa por la periferia del tanque. Estos aparatos funcionan continuamente. El procedimiento de decantación se lleva a cabo en depósitos de gran superficie y poca altura. Funcionan intermitentemente, pues cada vez que la capa de vites decantados llega a cierta altura en el tanque hay que suspender la entrada de pulpa para sacar el vite acumulado. Los conos y spitz funcionan permanentemente.

Handwritten calculations and notes at the bottom of the page:

$$\begin{array}{r} 780 \\ - 36 \\ \hline 744 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 136 \\ + 25000 \\ \hline 25136 \end{array}$$

15

**Tercer caso.**—Minerales que por sus características físicas y mineralógicas exigen trituración a finos para su beneficio por cianuración. En este caso lo indicado es triturar con solución de cianuro. El aparato ideal es el molino de bolas o de varillas en corto circuito con un clasificador. El mineral como viene de la mina se rompe primero a tamaño apropiado con quebradoras de quijadas. Luego entra al molino pulverizador donde se muele con solución de cianuro pobre. La pulpa que contiene lodos y arena se clasifica en un separador mecánico que divide gruesos de finos. Los finos van a los aparatos de agitación y los gruesos vuelven al triturador. De suerte que este mecanismo funciona continuamente. Siempre deberá procurarse que la relación de sólido a líquido sea tal que no se necesite espesar la pulpa antes de agitar.

Ahora vamos a estudiar los diversos sistemas de agitación. Estos pueden ser:

- a).—Agitación por medio de paletas sin inyección de aire.
- b).—Agitación por medio de paletas con inyección de aire bajo presión.
- c).—Agitación por medio de hélices.
- d).—Agitación por medio de bombas.
- e).—Agitación por medio de aire comprimido.

Para cualquiera de estos casos hay que proveer medios de separar los sólidos de la solución. Esto puede obtenerse por decantación o por filtración. Más adelante estudiaremos separadamente cada uno de los sistemas.

Entre los aparatos usados para agitar finos, los más conocidos son estos:

**Agitadores tipo Dorr** de paletas.—Los brazos agitadores se pueden mover verticalmente sobre el eje que los impulsa de suerte que es posible ajustarlos de modo que el mecanismo eche a andar sin que los brazos muerdan en el lodo espeso y se rompan. A medida que la pulpa se hace homogénea los brazos se van bajando hasta un punto determinado donde la agitación resulta más efectiva. Al terminar el tratamiento las paletas se suben rápidamente antes de que queden aprisionadas en el material que se decanta. En este tipo de agitadores se inyecta aire comprimido en el fondo del tanque.

Entre los agitadores de hélice sobresale el tipo **Wallace**. Tiene el inconveniente de que gasta mucha fuerza, pero en cambio es sencillo, se construye en el país y produce una agitación tan intensa que se puede utilizar para materiales muy pesados o relativamente gruesos. Por otra parte, la aireación es muy efectiva.

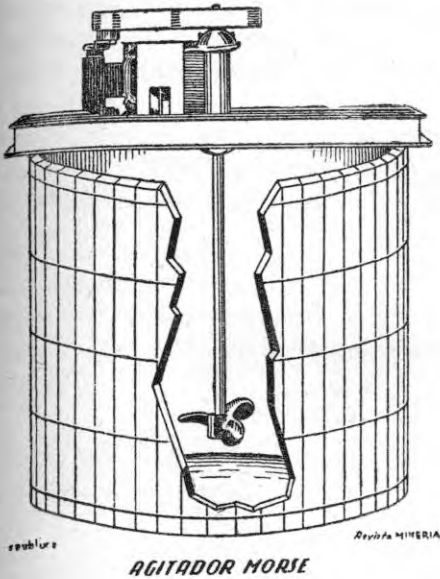


Fig. 38

Para la agitación con bombas se usan del tipo centrífugo. Este método tiene graves inconvenientes y es muy poco usado.

En la agitación con aire comprimido el tipo clásico es el **Pachuca**. El aparato en sí consiste en un tanque, generalmente de acero, con fondo pronunciadamente cónico y de dimensiones tales que la altura sea alrededor de cuatro veces el diámetro. Al centro del tanque tiene un elevador de aire para producir la agitación. El tratamiento puede ser intermitente o continuo, según que se empleen los tanques aisladamente o en serie. Cuando se procede intermitentemente se puede emplear el tanque agitador para decantar, lo cual no es recomendable, porque la tina, por su forma, muy alta y de baja sección, no es muy apropiada a la sedimentación, fuera de que no es económico emplear para decantar un mecanismo caro y que está construido para una función más importante. Es más lógico separar la pulpa, cuando los valores estén disueltos y llevarla a un tanque decantador o filtrarla.

Los pachucas en serie pueden recibir la pulpa de los molinos de bolas que trabajan con solución de cianuro y clasificador. El número de tanques acoplados depende de la duración del tratamiento. El primer depósito de la serie recibe la pulpa del molino, de allí

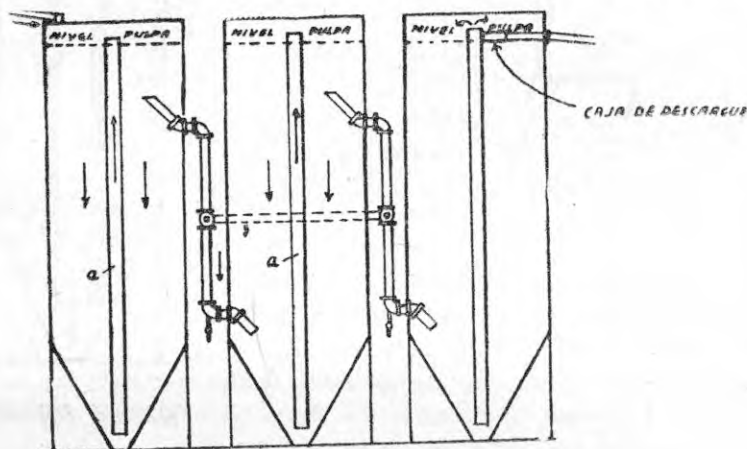


Fig. 39

pasa al segundo y luego al tercero, etc. La pulpa sale del último tanque a los filtros o a los aparatos de decantación. Cada partícula de mineral permanece en contacto con la solución desde el molino hasta que se filtra y lava.

Los pachuca son bastante empleados y son muy efectivos. Cuando se los emplea intermitentemente se presenta la dificultad, a veces grave, de echarlos a andar cuando el mineral está sedimentado en el fondo.

**Espesor de la pulpa** es la relación entre el peso del mineral y el peso de la solución con que se agita. Naturalmente no conviene una pulpa muy diluida porque exige aparatos muy grandes, fuera



### SERIE DE TANQUES PACHUCA

Fig. 40

de que es costoso filtrar, decantar y movilizar masas de líquido muy considerables. Tampoco se puede llegar a pulpas muy espesas por el peligro de que la solución de los valores sea deficiente, además de la dificultad de agitar papillas muy densas. El factor espesor de pulpa debe definirse en el laboratorio experimentalmente.

**Separación de las soluciones.**—Hay tres sistemas para ello:

- a).—Decantar las soluciones y los lavados.
- b).—Filtrar las soluciones y hacer el lavaje en el mismo filtro.
- c).—Decantar gran parte de la solución en espesadores mecánicos y tratar la papilla restante en filtros.

Existe un método poco usado que consiste en agitar el mineral con soluciones muy débiles y una vez disueltos los valores añadir a



la pulpa polvo de carbón de leña con el fin de precipitar en él los metales nobles. El carbón se flota y se separa de la pulpa y ésta se bota pobre en cianuro y en valores. Se evita, pues, la decantación y la filtración.

La filtración es más efectiva para separar el oro y la plata disueltos y evitar pérdida de cianuro en los sólidos que se desechan. Hay muchos tipos de filtros. Algunos, como los rotatorios, funcionan continuamente. Los filtros prensas hay que abrirlos cada vez que la masa de sólidos en las celdas es tan gruesa que la filtración decae demasiado. No entramos a describir estos mecanismos porque nos alargariamos demasiado sin mayor provecho, dada la índole de este estudio.

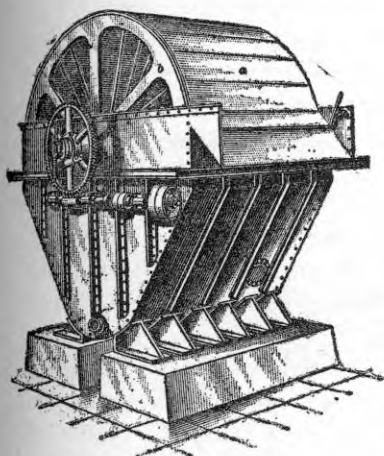


Fig. 41

El escollo en la decantación es la pérdida apreciable de valores y de cianuro debida a la imposibilidad práctica de lavar a satisfacción. En cada decantación se separa sólo una fracción de los valores y del cianuro de la pulpa. Si se lava con solución normal de la planta para no acumular demasiada cantidad de soluciones débiles resulta una gran pérdida de cianuro. El lavaje con soluciones muy diluidas resulta dificultoso para precipitar los metales nobles, fuera del inconveniente apuntado atrás de la acumulación creciente de soluciones muy pobres en cianuro.

En plantas pequeñas se puede probar un sistema barato de filtración que consiste en llevar la pulpa cuyos valores estén ya disueltos a un tanque con un filtro de arena bien lavada, colocada sobre otro filtro de tela, tal como los que se usan para los tanques de percolación. La solución va filtrando lentamente y cuando la superficie esté seca se añade el lavaje, bien sea de solución débil o de agua. Se repite esta operación el número de veces que sea necesario para agotar bien el cianuro y los valores. Al final se deja escurrir bien el último líquido y se botan los lodos cuidando de que no se ensucie la arena del filtro.

Para terminar esta parte describiremos un método muy elemental, barato y sencillo, para beneficiar lodos ricos en lugares donde sea posible hacerse a arenas limpias. Consiste en mezclar los lodos a las

arenas muy homogéneamente y en proporción tan elevada como sea posible sin hacer la masa impercolable. Una vez beneficiada la carga puede eliminarse el lodo lavando en un canalón y utilizarse de nuevo la arena. Esto en el caso de que aquélla sea escasa. Puede emplearse en este sistema arena limpia de quebrada, arena de molino, etc.; en todo caso material que no contenga lodos ni cianicidas.

#### TRATAMIENTO DE CONCENTRADOS

A continuación ampliamos un poco lo que ya habíamos dicho sobre esta materia al ocuparnos de la "concentración" en la pág. 92.

En muchos minerales los valores se encuentran acumulados en los sulfuros o concentrados y la ganga o parte rocosa del material es más o menos estéril. En estos casos se impone la **concentración**, que bien puede ser por gravedad o por flotación (Véase la Revista "MINERIA" N° 93, página 7894). Los concentrados constituyen ordinariamente una fracción muy reducida del peso del mineral original y como un alto porcentaje de los valores está acumulado en ellos es posible darles un tratamiento más elaborado y cuidadoso. Como ejemplo demos el caso de que para obtener una extracción satisfactoria de los valores en un mineral determinado, sea preciso triturar más fino y al mismo tiempo que el oro y la plata estén contenidos en las piritas o sulfuros y que éstas constituyan, digamos, un 15% del peso total del mineral. Es obvio que resulta mucho más económico y efectivo concentrar tal mineral y beneficiar los concentrados triturándolos a fino, y no emprender la pulverización de todo el material inerte, o poco menos, que puede eliminarse concentrando, operación barata y sencilla. Con mayor razón se justifica y aun se impone la concentración cuando los concentrados son tan refractarios que se hace necesario cortarlos, fundirlos o exportarlos. También es el caso de concentrar cuando estando los valores dispersos en toda la masa del material, los concentrados sean esencialmente cianicidas y a tal punto que resulte prohibitivo su tratamiento. Con un mineral semejante lo indicado es separar los concentrados —obstáculo en la cianuración— dándoles un tratamiento apropiado, calcinando o fundiendo, y beneficiar las arenas por percolación con cianuro.

El minero práctico, desprovisto de laboratorio apropiado y de conocimientos metalúrgicos, no está capacitado para resolver los problemas de concentración. Lo aconsejable es que someta sus minerales al estudio cuidadoso de una casa especializada en esta clase de investigaciones.

En cuanto al tratamiento de los concentrados puede hacerse por uno de estos sistemas:

- a).—Percolación prolongada con soluciones fuertes y volteo frecuente de la carga.
- b).—Trituración a finos y agitación con filtración o decantación. (A veces se añaden a las soluciones de cianuro reactivos aceleradores como bromocianógeno, acetato de plomo, litargirio, óxido de mercurio, etc.).
- c).—Calcinación, que bien puede ser sulfatante o a muerte, y tratamiento posterior con cianuro, percolando o agitando, reduciendo el concentrado a lodos. En todo caso, con lavaje previo.
- d).—Fundición a mate con colector de plomo, cobre o monosulfuro de hierro.
- e).—Y, en último caso, exportación de los concentrados.

A veces resulta que el pequeño minero obtiene concentrados en pequeña cantidad como producto de los recortes de batea o de las cabeceras de los cernedores y tableros. La práctica corriente de molerlos y remolerlos a mano en piedras o en arrastre, con el fin de obtener una menguada cantidad de oro libre, es un disparate. A la postre el concentrado se pierde en forma de lodo finísimo, difícil de recoger. No se crea que tales lodos son pobres; el oro libre recuperado en las molindas no es sino una ínfima parte del contenido en el mineral o concentrado primitivo. Es más recomendable ir acumulando esos pequeños lotes de concentrados y hacer una de estas cosas: venderlos a un comprador por un porcentaje del valor del material o acumular un lote que justifique la exportación. Si el concentrado fuere muy cianurable, colocarlo sobre la arena de un tanque de percolación de arenas, sin mezclarlo con ellas, y darle un tratamiento por percolación hasta agotar los valores, pasándolo de un tanque a otro, o de una carga o tratamiento a otro, por dos, tres o cuatro veces.

#### TENOR EN CIANURO DE LAS SOLUCIONES PARA EL TRATAMIENTO

Las soluciones débiles de los cianuros alcalinos son selectivas en cuanto a la disolución de los metales nobles. En otras palabras, dichas soluciones disuelven de preferencia el oro y la plata y no reaccionan, o al menos lo hacen en escala muy reducida, con los metales bajos. Esta propiedad es tan importante que si no fuera por ella el procedimiento de cianuración sería inaplicable industrialmente por el elevado costo del cianuro. Si se tiene en cuenta que en una tonelada de arenas de buen tenor en oro, digamos 15 gramos del metal por tonelada, hay

además del metal noble muchos kilos de metales bajos, como hierro, plomo, cobre, zinc, aluminio etc. resulta valiosísima la acción selectiva de las soluciones débiles de cianuro. Otra cosa sería si el cianuro atacara sin discriminación todos los metales que se encuentran asociados al oro y a la plata en los minerales.

Se ha comprobado que soluciones tan débiles en cianuro que sólo titulan 0.3 por mil (300 gramos de KCN por metro cúbico de líquido) disuelven tan bien el oro como soluciones 2.5 por mil y se defienden mejor de los cianicidas, especialmente del cobre. Desgraciadamente esas soluciones tan diluídas son muy difíciles de precipitar con el zinc.

No se debe recomendar una solución de título determinado para todos los casos de tratamiento, pero sí se puede aconsejar que se emplee la solución más baja posible compatible con una precipitación efectiva. Es casi seguro que la mayor parte de las arenas comunes y corrientes se pueden tratar efectivamente con soluciones sostenidas al 1.5 por mil en unidades de KCN.

#### DETERMINACION DEL ORO Y DE LA PLATA EN LAS SOLUCIONES DE CIANURO

Para tal determinación se recomiendan varios sistemas, pero el más exacto, rápido y sencillo, consiste en evaporar en una vasija loceada, una taza por ejemplo, y a un fuego tal que la ebullición no proyecte líquido al exterior, un litro de solución al cual se ha añadido desde el principio una mezcla de 100 gramos de litargirio y 2 gramos de carbón de leña finamente pulverizado. Al final de la operación debe cuidarse de que el fuego sea muy suave para que no salte afuera de la vasija nada de su contenido. Los sólidos, al evaporarse el líquido, deben quedar ligeramente húmedos, de suerte que puedan rasparse con una espátula o un cuchillo romo sin que empasten la punta de éste. Luégo de retirar con la espátula todo lo que sea posible, se termina la limpieza de la vasija frotándola con un poco de bórax vitificado, el cual se añade al material ya obtenido. Todo el producto sólido de la evaporación se funde en un crisol de arcilla sin más fundentes. Como resultado de esta operación se obtiene un régulo de plomo que se lleva a la copelación, terminando luégo el ensaye por los métodos ordinarios de análisis de minerales. En la última faz de la evaporación del líquido debe cuidarse con esmero de que no haya exceso de calor, porque en ese caso el evaporado se carboniza y se adhiere a la vasija de donde se hace muy difícil retirarlo, fuera de que el esmalte del artefacto se salta quedando inutilizado para futuras operaciones.



## TITULACION POR CIANURO DE LAS SOLUCIONES DE TRABAJO

En el capítulo anterior nos ocupamos de la titulación o análisis volumétrico en general. Ahora vamos a referirnos al procedimiento para determinar el tenor de la solución de cianuro.

En el tratamiento por cianuración de un mineral dado, se observa que hay una solución de concentración determinada que efectúa el trabajo de extracción de los valores con la mayor eficiencia económica. Los factores de esta eficiencia son: porcentaje de extracción; consumo de reactivos y duración del tratamiento. Es preciso disponer de un procedimiento rápido, sencillo y seguro para titular las soluciones de cianuro.

La reacción básica en la cual se funda el método universalmente empleado con este fin, es la que tiene lugar entre una solución de nitrato de plata con los cianuros alcalinos. Estas sustancias puestas en contacto determinan la formación de un cianuro de plata, que presenta la forma de un precipitado opalino el cual se disuelve inmediatamente si existe exceso de cianuro, formando un cianuro doble de plata y álcali. Con nuevas adiciones de nitrato se llega al punto en el cual el cianuro existente en la solución que se titula se encuentra combinado con la plata en forma de cianuro doble y queda faltando cianuro alcalino libre para disolverlo. En este momento preciso el precipitado opalino se hace permanente, indicando así el fin de la operación. Para hacer más aparente y vistoso este punto final de la operación, se acostumbra añadir a la solución de cianuro que se ensaya unas cuatro o seis gotas de una solución al 3% de yoduro de potasio en agua. Este reactivo produce un precipitado amarillo crema, opalino, mucho más visible o apreciable a la vista que el precipitado de cianuro de plata.

$\text{AgNO}_3 + \text{NaCN} = \text{AgCN} + \text{NaNO}_3$ , primera etapa de la reacción.

$\text{AgCN} + \text{NaCN} = \text{AgNa}(\text{CN})_2$ , segunda etapa de la reacción.

La solución **standard** o patrón que se emplea para la titulación de las soluciones de cianuro se prepara disolviendo 13.04 gramos de nitrato de plata puro, cristalizado, en agua pura —destilada o llovida— de tal suerte que la mezcla de estas dos sustancias ocupe exactamente el volumen de un litro.

Cada centímetro cúbico de la solución así preparada corresponde a 0.01 gramo de cianuro de potasio o a 0.0075 gramos de cianuro de sodio. Ejemplo: si se toman 10 centímetros cúbicos de una solución de cianuro y se gastan 3 centímetros cúbicos de la solución standard de nitrato para producir el precipitado amarillo u opalino



permanente, esto quiere decir que en el metro cúbico de la solución de cianuro, cuya muestra se titula, habrá 3 kilos de cianuro de potasio o 2.25 kilos de cianuro de sodio.

La solución de nitrato de plata deberá conservarse en frascos de color, con tapa de vidrio esmerilada y en un lugar oscuro. Jamás debe dejarse la solución de nitrato en la bureta que se emplea para la titulación.

Se dijo que para preparar la solución standard de que venimos hablando sólo debe emplearse agua destilada o llovida. Esto porque como la mayor parte de las aguas corrientes contienen cloruro de sodio, o sal común de cocina, este producto produce con el nitrato de plata un precipitado del metal noble combinado con el cloro. Si se emplea una agua cargada de tal sustancia, parte de la plata se precipita debilitando la solución.

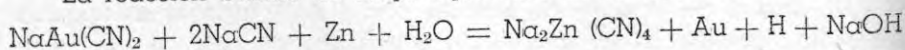
El agua llovida se tomará en campo abierto y en una vasija que debe lavarse con la misma agua de lluvia. No se recomienda la que cae de los techos, pues ésta se contamina con polvo, materias orgánicas, etc., etc.

#### PRECIPITACION DE LOS VALORES

Con este fin se emplean cuatro sistemas que son: precipitación eléctrica, precipitación con polvo de carbón vegetal, precipitación con viruta de aluminio y precipitación con polvo o viruta de zinc. Sólo nos ocuparemos de la precipitación con viruta de zinc, ya que los otros sistemas pueden recomendarse únicamente en casos excepcionales.

El oro y la plata atacados por el cianuro quedan en forma de verdadera solución —tal como el azúcar en el agua de azúcar— y no como creen algunos erradamente, en estado de suspensión mecánica. De modo que, si una solución de cianuro cargada de metales nobles, se hace pasar a través de un filtro, por fino que sea, el oro y la plata no quedarán en él sino que pasarán con la solución. El sistema empleado para separar los metales valiosos debe ser un procedimiento químico. El oro y la plata disueltos en la solución de cianuro están en forma de cianuros dobles de oro y sodio y de plata y sodio, conocidos en química con los nombres de auro-cianuro de sodio y argento-cianuro de sodio, respectivamente.

La reacción básica de la precipitación es la siguiente:



El zinc es un metal que tiene mayor afinidad o atracción química por el cianuro que el oro y la plata. De suerte que si una solución de

cianuro que contenga estos dos últimos metales se pone en contacto con zinc, este cuerpo desalojará a los metales nobles de la solución y vendrá a reemplazarlos. La experiencia ha demostrado que para que aquella reacción se efectúe es preciso que el zinc exponga una gran superficie de contacto a la solución y que este contacto sea muy íntimo. Para conseguir estos dos fines, el zinc se lleva a un gran estado de división reduciendo discos del metal a virutas muy delgadas, por medio del torno. El contacto íntimo se asegura preservando las virutas de la oxidación e impidiendo la formación de precipitados adherentes sobre ellas. Para obtener una precipitación efectiva, el grueso de las virutas debe estar entre  $1/40$  y  $1/60$  de milímetro. Con este último espesor un kilo de zinc expone una superficie de 18 metros cuadrados, aproximadamente, y cuando se le acomoda en buenas condiciones en la caja de precipitación ocupa un volumen de 10 decímetros cúbicos o 10 litros. En buena práctica se deben tener de 15 a 30 decímetros cúbicos de viruta de zinc por cada metro cúbico de solución que pase por la caja en 24 horas. Un exceso de virutas produce consumo inútil de zinc y de cianuro; deficiencia de aquéllas, precipitación defectuosa y probable pérdida de valores.

Al acomodar la viruta de zinc en la caja hay que evitar apretarla demasiado porque se establecería una gran resistencia al paso de la solución. Si se la deja demasiado suelta o floja se reduce considerablemente la capacidad del aparato. Debe distribuírsela homogéneamente, en condiciones que no se establezcan canales o pasos de menor resistencia a la circulación del líquido; la razón es obvia.

Es conveniente dejar sin viruta el compartimento de cada extremo de la caja. El de la cabecera, para depositar en él la materia extraña que pueda venir accidentalmente con la solución; el último, para recoger las partículas de metal precioso que puedan escaparse cuando se presente una actividad muy viva en la caja. Hay que tener en cuenta que los metales nobles, una vez precipitados sobre el zinc dejan de ser solubles en la solución de cianuro y que es errada la idea que tienen algunos de que no importa mucho el escape de partículas de oro y plata de la caja, ya que volverían a entrar en solución.

A medida que el zinc del primer compartimento se va reduciendo de volumen por razón de la precipitación de los valores, es preciso reacomodar la viruta en forma que no se establezcan canales y reemplazar el zinc que se disuelve con viruta tomada del compartimento más bajo de la caja. El espacio libre que queda en este último cajón se llenará con viruta fresca. No está por demás suspender la entrada

de solución a la caja mientras se hacen estas operaciones, que deben ser diarias.

En ciertas condiciones de precipitación se presenta un desprendimiento considerable de gases, principalmente hidrógeno, y ocurre que cuando aquéllos no se escapan con facilidad, estorban considerablemente la circulación de la solución. Esta dificultad se puede vencer, en parte, introduciendo en varios puntos de la masa de viruta de zinc una varilla delgada, aguzada.

Evítese hasta donde sea posible el manipuleo innecesario de las virutas que tiene como consecuencia que éstas se rompan y se produzcan muchos cortos, se apriete o compacte la masa y se haga impermeable.

Cuando se acumule sobre el tamiz del fondo del compartimento una capa compacta de precipitado fino o de cortos y se dificulte el paso de la solución, es preferible dar al cedazo un movimiento de vaivén, subiendo y bajando, sirviéndose de las maniguetas que debe tener aquél, a mover la masa con las manos directamente. Con el procedimiento que se recomienda se impide la formación de cortos, se hacen llegar al fondo del cajón solamente las partículas finas que pueden pasar espontáneamente por el cedazo y se evita, además, introducir las manos en la solución.

El gasto de zinc en la precipitación de las soluciones auroargentíferas se debe:

1º—**A acción química.** Reemplazo de los metales disueltos en el cianuro, como oro, plata, cobre, plomo, antimonio, etc., por zinc. Este gasto no se puede ni se debe estorbar. La disolución de zinc en la solución de cianuro sin que medie precipitación de metales sí implica una pérdida: pérdida de zinc, por una parte, y pérdida de cianuro por otra y debe combatirse hasta donde sea posible, evitando la excesiva alcalinidad de la solución y limitando, todo lo que se pueda, el contacto demasiado prolongado entre el líquido y las virutas.

2º—**Pérdida mecánica.**—Esta puede ser debida a las siguientes causas: imperfección de las virutas por mala calidad del metal; deficiencia en la cortada o torneada; manipuleo exagerado, brusco o descuido de ellas; características especiales de la solución que toman el zinc frágil o quebradizo, como la presencia de mercurio disuelto, por ejemplo. Casi todos estos factores desfavorables pueden y deben combatirse.

En muchos casos la acumulación de cortos llega a ser un problema serio para el cianurador. Si se frota vigorosamente para desprender todo o casi todo el metal valioso que contengan y se llevan de

nuevo a la caja, forman, a poco andar, una masa compacta e impermeable que hace desbordar la solución del cajón. No sabemos la razón científica del fenómeno, pero se observa que los tales cortos, aunque tengan la superficie limpia, son menos activos como precipitantes, que la viruta nueva y, además, tienen la tendencia a cubrirse de un precipitado blanco gelatinoso de cianuros dobles, sumamente molesto.

Si se adopta el sistema de beneficiar directamente por fundición los cortos que vayan resultando, se presentan también serias dificultades: el costo alto de fundir masa tan voluminosa y tan pobre y obtención de barra de muy baja ley. Si se calcinan los cortos antes de enviarlos a la fundición con el objeto de oxidar el zinc para que no entre en la barra, hay una pérdida considerable de metales preciosos arrastrados mecánicamente con parte del zinc que se volatiliza indefectiblemente, fuera de que la fundición de un precipitado muy cargado de óxido de zinc es difícil porque produce una escoria muy infusible que retiene muchos valores en forma de granallas, salvo que se emplee un alto porcentaje de fundente, lo cual resulta muy dispendioso.

El único camino práctico, en caso de que no se pueda prescindir de la formación de cortos, es tratar éstos con ácido sulfúrico, con sulfato ácido de sodio, o con ácido clorhídrico, lo que resulte más barato, pero el procedimiento es engorroso y molesto y aun peligroso si no se toman precauciones especiales. Total: evítese, hasta donde sea posible, la formación de cortos en la precipitación porque implica pérdida de zinc, pérdida de valores de oro y plata, costo excesivo de fundición, barras de baja ley, molestias y trastornos sin cuento.

El oro y la plata, el cobre, el antimonio, el mercurio y otros metales se precipitan sobre el zinc generalmente en estado **alotrópico**—forma no metálica, sin brillo, sin lustre, sin tenacidad. Este precipitado alotrópico es suelto y floculento—. En casos raros, con soluciones muy ricas en metal y pobres en cianuro, el precipitado es metálico y firme.

**Sistema Merriell-Crowe.**—En la precipitación con el zinc se ha establecido un procedimiento que si bien no es nuevo en cuanto al precipitante, sí lo es en cuanto a la forma práctica de usarlo. Se trata del sistema **Merriell-Crowe**. Para precipitar el metal de las soluciones auroargentíferas de cianuro por este método se usa zinc sublimado en un estado de división o finura extrema, mezclándolo a la solución previamente desaireada, sometiéndola a la acción del vacío. La mezcla de polvo de zinc y solución desoxigenada al vacío y bien libre de impurezas sólidas, se agita por un tiempo más o menos largo y luego



se filtra, obteniéndose así un precipitado de oro y plata mezclado con restos del zinc empleado y otras impurezas de la solución, tales como: cobre, plomo, etc. Este método de precipitación es muy efectivo y económico, pero desgraciadamente requiere máquinas caras y delicadas, como bombas para hacer el vacío, filtros, agitadores, etc., que no están al alcance de las empresas pequeñas, que son la gran mayoría en nuestro país. Este sistema se emplea actualmente en la mina "Berlín", en Yarumal (Antioquia).

#### LAVADA DE LAS CAJAS Y PREPARACION DEL PRECIPITADO

La lavada de las cajas debe hacerse cada vez que la acumulación de valores lo justifique y se tendrá en cuenta que esta operación implica siempre producción de cortos, interrupción del tratamiento, obra de mano, etc., y sólo deberá llevarse a cabo cuando sea realmente necesaria.

Ante todo hay que suspender la entrada de solución a la caja y desalojar con agua limpia el líquido contenido en ella.

Ya dijimos que los valores se precipitan sobre el zinc en forma de polvo negro o gris, flotante, que se decanta con dificultad y que a veces se adhiere tenazmente a las virutas del precipitante. En teoría sólo debe retirarse de la caja, al hacer la lavada, el precipitado muy fino, sin incluir en él zinc metálico. En la práctica no se puede evitar que parte de la viruta se reduzca a cortos y que éstos se incorporen a la masa fina que contiene los valores y que se lleva a la fundición para beneficiarla.

La lavada de la caja es, pues, la separación de las partículas menudas contenidas en la masa de la viruta. Con este fin se utilizan cedazos o tamices de malla de hierro —**nunca cobre o latón**— de abertura variable según el carácter del precipitado. En la práctica general, la malla de hierro N<sup>o</sup> 8 —ocho huecos por pulgada lineal— da resultado satisfactorio.

El anejo metálico se tenderá templado sobre un marco de madera, especie de caja de tablas cuyo fondo viene a constituirlo la tela de alambre. Pueden adoptarse las dimensiones siguientes: ancho libre del marco, 42 centímetros; longitud, 65 centímetros; altura, 15 centímetros. Se tiene así una zaranda, la cual debe colocarse sobre un cajón de madera —cajón lavador— bien ajustado, que no deje escapar líquido. Las dimensiones de este cajón pueden ser: 65 centímetros de largo; 52 centímetros de ancho y 45 centímetros de altura, construido con tablones de una pulgada y cuarto, bien ensamblados y calafateados al interior con brea semisólida, aplicada en caliente a las juntas, bien secas. El cernedor se coloca sobre el cajón, equidistan-



te de los costados y sostenido por varillas apuntadas con clavos a los bordes. El conjunto, caja y tamiz, se acomodará sobre un poyo o soporte de altura tal que permita al operario trabajar con comodidad sin doblar mucho el cuerpo y a corta distancia de la caja, de suerte que se reduzcan en lo posible las pérdidas de líquido y de precipitado al hacer el traslado.

En vez de la zaranda plana que acabamos de describir puede emplearse con ventaja un "trommel" o cedazo rotatorio, que no es otra cosa que un barril cilíndrico con bases de madera y que en vez de duelas tiene como forro o cubierta lateral la malla de hierro. Los dos discos o bases se construyen con tablas de pulgada y media de grueso, bien aseguradas con pasadores de madera dura o de hierro. Como la tela de metal no da la rigidez suficiente al barril o cilindro, es preciso unir los dos discos con varillas de madera que no deben sobresalir del borde de las bases, sino que se les acomoda en cajas labradas en aquéllas. Sobre estas varillas se asegura la tela de alambre con puntillas cabezonas de hierro. Para llenar y vaciar el "trommel" es preciso dejar en él una puerta fácil de manejar. Esta se obtiene dejando libre, al forrar el tambor, un espacio entre dos varillas contiguas, de 22 centímetros y en toda la extensión longitudinal del aparato. Al ras de las dos varillas que limitan la puerta se asierran los discos de las bases y se separan dos segmentos de círculo sobre los cuales se asegura el tamiz que ha de cubrirla. Estas dos piezas se relacionan entre sí con dos varillas localizadas en los puntos de intersección de las líneas rectas y las líneas curvas que limitan los contornos exteriores de dichos segmentos. Estas varillas sirven también de soporte al anjeo. La puerta debe girar sobre goznes de hierro o visagras del mismo metal y se mantiene en su puesto, cuando funciona el aparato, por medio de aldabas. Para poder darle al artefacto el movimiento giratorio hay que proveerlo de ejes y manivela. Uno de los ejes puede construirse con un pedazo de hierro redondo de 5/8" de diámetro y 6 pulgadas de longitud, remachado y soldado a una chapeta cuadrada de hierro de 1/4" de grueso, con huecos en las esquinas para fijarla con tornillos golosos, al centro de una de las bases, por fuera. El otro eje se hace de hierro del mismo diámetro; la sola diferencia consiste en que se le da mayor longitud para poder doblar dos ángulos rectos y así sacar de una sola pieza de metal, eje y manivela. Se asegura a la base como se explicó para el otro eje. Las dimensiones libres del "trommel" son: diámetro, 30 centímetros; longitud, 40 centímetros. Los ejes entran en dos muescas labradas en el cajón lavador, que sirven de chumaceras.

Este cedazo funciona de la manera siguiente: se llena con agua

el cajón lavador a una altura tal que el "trommel" quede sumergido hasta la tercera parte de su diámetro. Se introduce en el aparato cantidad suficiente de virutas para llenarlo a la mitad, sin apretarlas. En seguida se cierra la puerta y se asegura con la aldaba y se da al cilindro un movimiento rotatorio, lento, hasta que las partículas finas pasen a través de la malla y caigan al cajón. Un movimiento demasiado rápido es inconveniente porque la fuerza centrífuga desarrollada impide el lavaje perfecto de las virutas y proyecta líquido al exterior.

No es recomendable frotar las virutas entre las manos con el fin de despegar el precipitado. Este procedimiento, además de producir muchos cortos tiene el inconveniente de lastimar las manos y abrir la vía a infecciones producidas por el contacto con la solución de cianuro.

Cuando se juzgue que la carga contenida en el "trommel" está suficientemente lavada se saca y se coloca en el primer compartimento de la caja y se continúa llenando así las primeras cajas con las virutas enriquecidas. El espacio libre que naturalmente queda en la caja de precipitación al hacer una lavada, debe procurarse que sea en los últimos compartimentos y se llenará con zinc nuevo.

Para hacer el lavado en el cedazo plano se procede de esta manera: se coloca sobre la malla un lote de precipitado virgen, de un volumen proporcionado a la superficie del tamiz. Luégo se le chorrea agua de la contenida en el cajón lavador hasta que el líquido salga limpio por debajo. Las virutas deben moverse con suavidad para desprender el polvo rico adherido a ellas.

Es muy importante no dejar las virutas húmedas en contacto con el aire durante un tiempo largo porque se oxidan y el metal se transforma en un compuesto inútil para la precipitación de los valores, el cual actúa como cianicida. Tan pronto como se termine la lavada de un lote se le sumerge en agua o en solución.

Como el zinc fresco es bastante inactivo para precipitar las soluciones auríferas, sobre todo cuando éstas son muy diluídas, se acostumbra avivarlo precipitando sobre él una película de plomo, que establece un par eléctrico, zinc-plomo, de mayor eficiencia, como colector de los valores, que la viruta limpia. El sistema ordinariamente empleado para conseguir este fin es sumérgir el zinc en una solución de acetato de plomo. La reacción es muy rápida y a los pocos segundos se nota que la superficie brillante del metal se torna negra. No hay que prolongar demasiado el contacto ni usar solución de acetato muy concentrada, porque el precipitado de plomo deja de ser en estas condiciones adherente, que es lo deseable: se desprende sin ningún be-



neficio, debilita la solución de acetato, disuelve zinc y contamina el precipitado con plomo.

Cuando la solución de acetato pierde la facultad de ennegrecer el zinc después de un contacto de dos minutos, no tiene utilidad ninguna y debe desecharse. En ningún caso debe conservarse solución de acetato activa en contacto con residuos de zinc, porque se descompone y se inutiliza. El mismo efecto nocivo producen el cobre y el hierro. La vasija que se emplee para bañar las virutas en el acetato no debe ser en ningún caso de metal. Puede construirse de madera y se debe tomar la precaución de proteger las cabezas de los clavos y los zunchos, si los tuviere, con una capa de pintura o mejor de brea, so pena de que el metal sea destruido.

Al recomodar el zinc en la caja se debe tener cuidado de cubrir el tamiz del fondo del compartimento con una capa de viruta larga y sobre ella se deposita, bien distribuido, un lote de cortos; en seguida una nueva capa de zinc entero, y así por capas alternadas hasta llegar al borde del cajón. Esto con el fin de evitar que los cortos obstruyan el paso de la solución.

Una vez lavado todo el zinc de la caja se procede a decantar el precipitado acumulado en el cajón lavador. Para apresurar esta operación se añade, agitando bien, una solución de alumbre en agua o, todavía mejor, una lechada de cal. Estas sustancias tienen la propiedad de acelerar la decantación o separación de las partículas de precipitado, dejando el agua limpia. Esta se saca por medio de un sifón de caucho o se retira por orificios perforados en el costado del cajón, a diversas alturas y a cortas distancias.

Queda después de una buena decantación una papilla espesa que aún contiene mucha agua. Para darle mayor consistencia al precipitado se lo coloca sobre un filtro de tela burda —drilón del país— tendida en un marco de madera, en forma de filtro. Un metro de largo por sesenta centímetros de ancho son dimensiones muy apropiadas para el bastidor.

Al añadir la primera porción de pulpa al filtro se debe recoger el líquido que pase a través de la tela hasta que éste se vea claro, pues acontece que el drilón no filtra bien hasta que los orificios grandes se obstruyen con las partículas del sedimento.

No hay que pretender filtrar un gran lote de precipitado de una vez, porque si la capa acumulada sobre la tela es muy gruesa la permeabilidad del filtro se reduce enormemente y la operación se prolonga demasiado. Es más conveniente retirar de cuando en cuando lo que se vaya asentando. Con este fin se emplea una cuchara

de cuerno u otro utensilio semejante, que no tenga bordes cortantes que puedan lastimar la tela.

La masa pastosa que se retira del filtro tiene un color más o menos oscuro; generalmente mientras más fino sea el grano y más oscuro el color es más rico el precipitado. Al tomarlo del filtro se recibe en vasijas —baldes de lámina galvanizada o latas de petróleo— para llevarlo al lugar donde debe efectuarse la secada y calcinación.

**La calcinación** se lleva a cabo en vasijas planas, rectangulares, construídas de lámina de hierro maleable de 1/8" de grueso, de 40 centímetros de ancho por 80 centímetros de longitud, con costado de 10 centímetros de altura, calentadas, lentamente al principio, en un horno en que se puede emplear como combustible leña o carbón vegetal y en último caso hulla. El fuego debe ser medido al principio, mientras se expulsa la humedad, y más elevado al final, hasta poner la lámina y el precipitado al rojo oscuro.

No se pretenda revolver el polvo mientras no esté perfectamente seco, porque ocurre una pérdida considerable por arrastre mecánico con el valor que se escapa. A medida que el precipitado va perdiendo agua, el color se hace más claro, casi gris. Al paso que la temperatura sube, el color vuelve a tornarse oscuro, por parches, en los lugares de calor más elevado. Cuando estas manchas adquieran una superficie considerable se puede empezar la agitación, limitándose a ella en un principio. Esta operación de revolver el precipitado es cosa delicada y sólo la experiencia enseña el modo de hacerlo sin botar el material. En un momento dado la masa se pone movable, casi flúida, y es muy fácil proyectar cantidades considerables fuera de la vasija. Pasado el punto de fluidez, todo el polvo se enciende, se pone pesado y entran en combustión los cianuros y la materia orgánica. Al mismo tiempo se nota un olor picante característico: olor de amoníaco. Más tarde, y con temperatura más alta, aparece, en caso de que existan cortos, la llama verde del zinc en combustión, acompañada de espesos humos blancos. Este fenómeno es poco deseable, pues implica siempre pérdida de valores por arrastre mecánico.

Después de la faz de incandescencia del precipitado se deja caer el fuego, agitando siempre, hasta que no se noten chispas brillantes al mover bruscamente. Entonces cesan también la llama verde y los humos blancos del zinc; no se percibe olor ninguno y la masa se apaga. Llegado este momento se retira la bandeja del fuego y se deja enfriar.

El horno para la secada y calcinación de los precipitados no es necesariamente complicado. Puede fabricarse de adobe común y corriente, pegado con barro y no necesita chimenea. Si se ha de em-



plear leña como combustible, se debe dejar un espacio de 45 centímetros entre el emparrillado y el borde superior; si se ha de calentar con carbón vegetal o hulla, el espacio libre no debe ser mayor de 25 centímetros. La boca será ligeramente más estrecha que la bandeja de calcinar. En rigor se puede quemar el precipitado colocando la vasija de hierro sobre cuatro piedras o ladrillos, de suerte que se levante del piso unos 40 centímetros, y se atiza con buena leña bien seca.

Es muy importante evitar un calentamiento excesivo de la bandeja porque puede fundirse el precipitado y adherirse al metal de la vasija, de donde es muy difícil desprenderlo. Este inconveniente debe temerse más cuando los polvos son muy ricos.

En ningún caso se deben emplear vasijas de hierro fundido, cobre, latón, aluminio, para la tostión de los precipitados. Es seguro que no resisten la temperatura que exige la operación.

Los vapores que se desprenden en la secada y calcinación de los precipitados no son venenosos y la operación puede hacerse sin mayor inconveniente en un lugar no muy ventilado.

La práctica de mezclar a los precipitados, antes de calcinarlos, materia orgánica reductora como maleza, polvo de carbón, etc., con el fin de reducir y expulsar en forma de vapor el zinc contenido en el polvo para facilitar la fundición, **no** es aconsejable, porque resulta una pérdida de valores muy alta, fuera de que el trabajo es dispendioso, largo y engorroso.

Es muy conveniente mezclar bien el material antes de enviarlo a la fundición, para que los fundentes reaccionen bien. Se debe tomar siempre una muestra representativa o promedio del lote total de precipitados de una remesa, después de bien revueltos, para el caso de que sea preciso rectificar el trabajo de la casa fundidora o comprobar su exactitud. En caso de transportar las remesas aseguradas es aconsejable conocer anticipadamente su valor aproximado para hacer la declaración que exigen las sociedades de seguros. La muestra o promedio bien tomado es, pues, indispensable.

Si se ha de transportar el precipitado a distancia considerable es muy conveniente empacarlo en talegos de tela muy apretada, lona delgada, por ejemplo, porque como el polvo es muy fino hay escapes si el tejido es muy burdo. Todo paquete debe ir pesado y marcado cuidadosamente.

Para terminar este capítulo no es inoportuno insistir sobre la necesidad de revolver sin descanso y bien a fondo el precipitado, sobre todo en el período de mayor actividad del fuego. Una agitación deficiente y perezosa tiene como consecuencia deterioro de la lámina, aglomeración y fundición del polvo y defectuosa oxidación de la masa.



## CAPITULO VII

### CALCINACION DE MINERALES Y CONCENTRADOS

Se observa que los minerales de oro y plata **cogolleros**, los que se encuentran en los afloramientos de los filones, son más dóciles al tratamiento por cianuración que los minerales provenientes de las zonas profundas de las vetas. Físicamente hay diferencias esenciales entre estos materiales. Los minerales superficiales se hallan oxidados, modificados. Los minerales profundos, primitivos, no han sufrido alteración. Los agentes químicos y mecánicos que obran en el exterior, tales como el aire, el agua, el calor y la luz del sol etc. determinan cambios profundos en los componentes minerales de los filones, en su parte expuesta a la intemperie.

Esta observación ha traído la idea de que puede ser posible acondicionar los minerales refractarios a la cianuración y volverlos dóciles a este tratamiento sometiéndolos a un proceso de oxidación, algo parecido a lo que ocurre en la naturaleza, pero acelerando el procedimiento, de suerte que se gasten horas en vez de millares de años.

En la industria disponemos de dos elementos valiosos para apresurar la oxidación de los minerales: el calor y la pulverización. A temperatura elevada las reacciones químicas se aceleran enormemente. Con la pulverización se exponen superficies muy grandes a la acción del aire que es el elemento que produce la oxidación.

Al calcinar un mineral, una piritita de hierro digamos, ocurren estos fenómenos: al llegar la temperatura a 400 grados centígrados, próximamente, empieza la disgregación de la molécula del bisulfuro por pérdida de un átomo de azufre. Al elevarse un poco la temperatura, el azufre se enciende, se quema, transformándose en gas sulfuroso. Este gas, en condiciones favorables, se combina con un átomo de oxígeno y produce anhídrido sulfúrico que actúa sobre el óxido de hierro proveniente de la oxidación de la piritita y lo cambia en sulfato ferroso. A temperatura aún más elevada esta sal se disocia en óxido de hierro y bióxido de azufre.

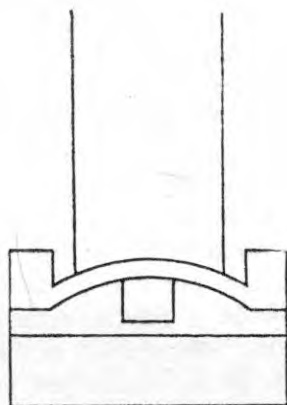
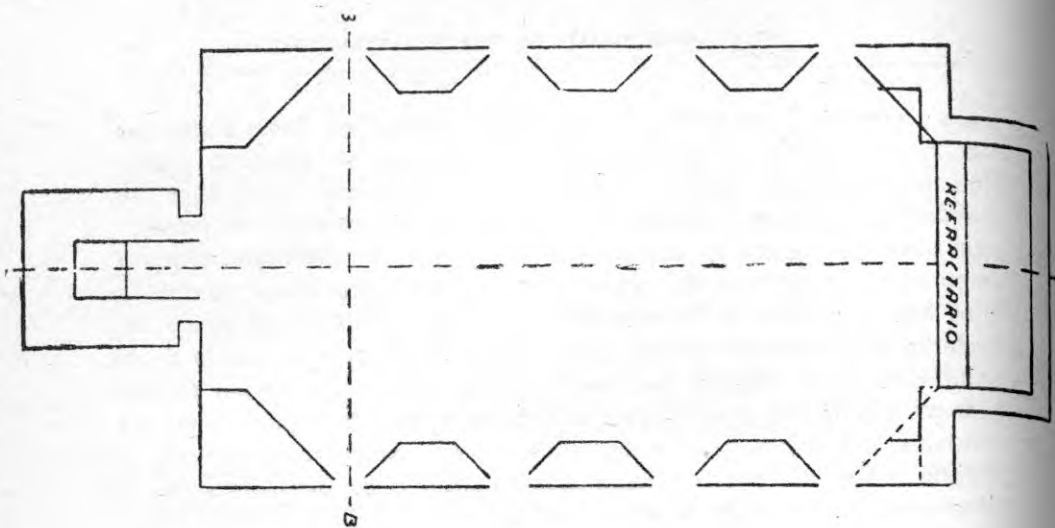
La química de la tostación de minerales sulfurosos es muy com-

pleja y sería de poco provecho entrar aquí en detalles. Basta saber que con la calcinación se obtienen estos beneficios: se eliminan ciertos elementos químicos que son cianicidas o que hacen insolubles los metales preciosos, el arsénico y el antimonio, por ejemplo; se transforman algunos cuerpos en compuestos inertes que no destruyen cianuro, como algunos sulfuros de cobre y piritas de hierro muy oxidables, tales son la pirrotita y la marcasita. Con la calcinación el grano del material se hace más poroso y por consiguiente más accesible a las soluciones. Si el mineral que se calcina es arcilloso, el caolín se deshidrata, pierde sus propiedades coloidales y se torna más denso, decantable y filtrable. En los materiales cuya ganga es carbonosa, el carbón y las sustancias bituminosas desfilan o se queman y se remueve un obstáculo serio en la cianuración.

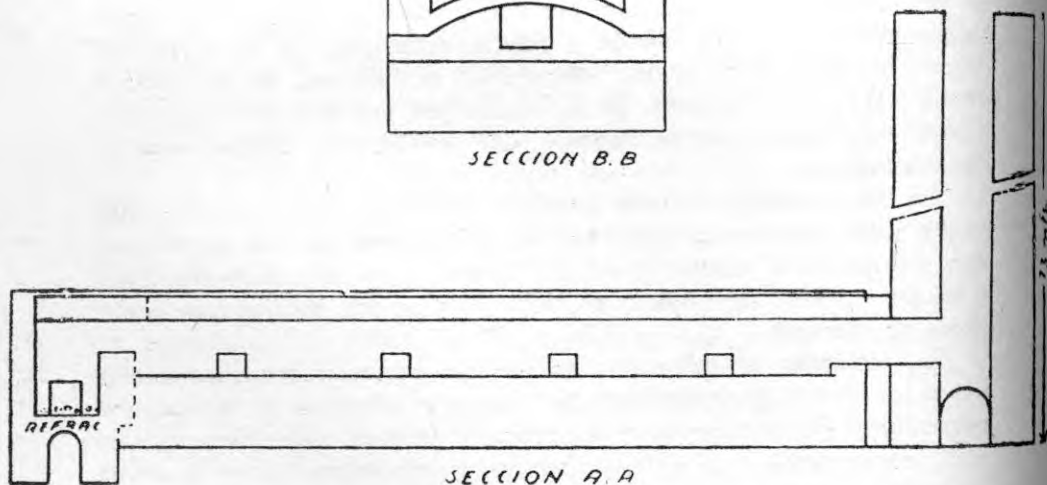
En la calcinación de minerales sulfurosos hay dos grados: calcinación a sulfatos y tostación a muerte. En la calcinación a sulfatos se eliminan los metaloides volátiles, como el arsénico y el antimonio, a temperaturas bajas relativamente, 410 a 420 grados centígrados, y luego calcinando entre 450 y 480 grados centígrados se produce sulfato ferroso en abundancia. Algunos minerales no pueden quemarse a temperaturas más elevadas de 480° so pena de volverlos refractarios. Naturalmente, en esta clase de tostación hay que eliminar el sulfato de hierro por lavajes con agua antes de aplicar el cianuro. Cuando en los sulfuros que se calcinan por debajo de 480 grados centígrados existen piritas de cobre, blenda y galena, estos compuestos no se modifican, pues se requiere una temperatura por encima de 500 grados centígrados para afectarlos. En la calcinación encaminada a producir sulfato de plata es preciso llegar a 750° u 800° para obtener resultado satisfactorio.

La calcinación a muerte persigue la eliminación casi total del azufre y los otros metaloides volátiles. Los remanentes del azufre pueden quedar en el calcinado en dos formas distintas: azufre insoluble y azufre soluble. Este último se debe extraer por lavajes con agua antes de cianurar.

La tostación de minerales no es una panacea para solucionar todos los casos de tratamiento de minerales auríferos o argentíferos refractarios. Generalmente no es aplicable sino a materiales muy ricos, concentrados, por ejemplo, porque el procedimiento es bastante costoso y delicado. El objeto de estas líneas sobre calcinación de minerales es más bien de índole informativa y no aconsejamos al minero práctico que se lance en una empresa a base de tostación, sin un estudio muy consciente del caso hecho por un individuo experto en el ramo.



SECCION B. B



SECCION A. A

# HORNO DE TOSTION

ESCALA: 1:100

Por último añadimos que la tostación a muerte se emplea cuando el calcinado se ha de tratar por amalgamación o por clorinación.

#### FUNDICION DE MINERALES AUROARGENTIFEROS

La fundición de minerales auroargentíferos es una concentración por vía ígnea. Este procedimiento es el más perfecto, metalúrgicamente hablando, para el beneficio de minerales refractarios. Con él se obtiene la extracción casi total de los valores en oro y plata y además algunos metales bajos como el cobre y el plomo.

Al beneficiar un mineral por fundición se combinan con el ácido silícico (cuarzo) los componentes terroarcillosos, cal, etc. y los óxidos metálicos bajos, no valiosos, para formar la escoria que se elimina. Los metales nobles, oro, plata y platino se concentran y recogen disueltos o combinados con plomo o con una mezcla compleja de sulfuros de hierro y cobre, que forma una porción muy pequeña del peso del mineral que se beneficia. Este concentrado sulfuroso se llama **mate**.

Para formar la escoria es necesario que el mineral contenga los dos elementos que la constituyen: el elemento ácido y el elemento básico. El primero es universalmente el cuarzo; el segundo lo constituyen los óxidos de los metales bajos: calcio, magnesio, aluminio, hierro, etc. Naturalmente estos elementos deben estar presentes en el material que se funde en proporciones determinadas dentro de ciertos límites. Las bases en la escoria son intercambiables, también dentro de ciertos límites. Cuando el material llena estas condiciones y además contiene el mineral de plomo o los sulfuros que han de formar el colector, puede ir al horno sin adición de materia extraña, salvo el combustible, en el horno de sople. Pero cuando el mineral es deficiente en alguno o algunos de los elementos de que hemos hablado es preciso procurárselos. Así, se añade calcáreo a los minerales muy cuarzosos o cuarzo a los muy básicos; piritas de cobre a los minerales que no las tienen o plomo a los materiales deficientes en este metal y que han de reducirse por inhibición. En las Centrales Metalúrgicas por fundición, esta cuestión de los fundentes no es mayor problema, pues como generalmente se benefician minerales de distintas procedencias y de composiciones variadas, se puede obtener por mezclas un producto bien balanceado.

En cuanto a la forma o sistema de efectuar la fundición, esta operación se puede clasificar así: fundición a mate y fundición a plomo. La fundición en sí puede efectuarse en hornos de reverbero y en hornos de sople. En los hornos de sople la fundición puede ser pirítica o semi-pirítica. El gasto de combustible es mayor en los hornos de re-

verbero, pero, en cambio el mate, o el plomo, según el caso, se separa mejor de la escoria. En la fundición pirítica y semi-pirítica se aprovecha el calor desarrollado por la oxidación de los metales y metaloides contenidos en la carga y el consumo de carbón es mucho menor.

En Estados Unidos, especialmente, existen centrales de fundición localizadas en centros mineros. En ellas se benefician los minerales refractarios y los concentrados de las minas vecinas. Este sistema de explotación es aplicable a regiones con buenas vías de comunicación y a localidades donde resulte un gran volumen de materiales para fundir. No es práctico emplear hornos muy pequeños porque trabajan mal y resulta muy costoso el trabajo. Tampoco es práctico hacer campañas en hornos grandes y luego parar mientras se acumula carga para otra operación.

#### FUNDICION DE LOS PRECIPITADOS

En vista de que algunos cianuradores están optando por fundir sus precipitados directamente en la mina, juzgando más favorable traer sus remesas a las fundiciones de Medellín en forma de barra, consideramos conveniente dar algunas instrucciones sobre la fundición de precipitados.

Los precipitados de cianuración son mezclas complejas de varios elementos químicos, unos al estado elemental y otros combinados con el oxígeno y diversos metaloides y radicales. Entre los metales libres se encuentran el oro, la plata, el zinc, el cobre, plomo, etc.; estos metales aparecen también combinados con el oxígeno, salvo los dos primeros. Importa poco al cianurador práctico conocer la constitución química de sus precipitados. El análisis completo de esta clase de productos es muy complejo y sólo está al alcance del experto químico y, además, la utilidad de este estudio es puramente especulativa.

La finalidad de la operación de fundición de materiales auríferos es obtener los metales nobles en estado de pureza con el menor costo posible. El trabajo es delicado, complicado y exige gran experiencia.

Es bien sabido que el oro y la plata tienen poca tendencia a unirse con el oxígeno y que se separan de sus combinaciones con los metaloides con relativa facilidad. En cambio, los metales bajos —cobre, zinc, plomo, etc.— se oxidan fácilmente y en la forma de óxidos son solubles, a elevada temperatura, en algunas sustancias llamadas **fundentes**. Estas propiedades permiten separar el oro y la plata, al estado metálico, de los otros cuerpos no valiosos con que se encuentran asociados en los precipitados de cianuración.



Para proceder inteligentemente en la operación de fundición es necesario conocer las propiedades de las sustancias llamadas fundentes, que son las que vienen a escoriificar los elementos secundarios y a separarlos del oro y de la plata.

Los fundentes usuales son: el borato de soda (bórax o atíncar); el ácido silícico (cuarzo); la soda ash (soda o carbonato de sodio); el litargirio; el bióxido de manganeso y el óxido férrico (limonita).

El primer reactivo —el bórax— se encuentra en el comercio en tres formas diferentes; atíncar, bórax seco no fundido y bórax vitrificado.

**El atíncar** tiene 30 o 47 por ciento de agua de cristalización, según la forma cristalina que presente. Empleado sin desecación previa presenta inconvenientes por lo voluminoso y porque al secarse en el crisol, mezclado con los otros reactivos y con los polvos auríferos, aumenta considerablemente de volumen, desborda del crisol y proyecta material al exterior con el vapor de agua que desprende. Es, pues, de todo punto de vista indeseable.

**El bórax seco**, no vitrificado, es muy voluminoso y ocupa mucho espacio en el crisol. Tiene, además, la desventaja de absorber la humedad del aire con facilidad. Salvo un ensaye previo, no se sabe con seguridad, al comprarlo, cuánta agua se paga como materia útil. Sólo debe emplearse en último caso.

**El bórax vitrificado**, en polvo, es el reactivo ideal: denso, ocupa por consiguiente poco volumen; seco, no desprende gases al fundirse y se sabe de antemano con cuánta materia útil se cuenta para calcular las cargas de fundente, lo cual no ocurre con las otras especies de bórax. En fin, no absorbe la humedad.

El bórax desempeña papel ácido en la fundición. Forma boratos y borosilicatos —en caso de que exista cuarzo en la carga— con los óxidos metálicos. El bórax es un gran fluidificante y ataca muy poco los crisoles. La cantidad que debe emplearse, con un precipitado dado, depende del tenor de éste en óxidos metálicos y de la cantidad del óxido predominante. También la temperatura del horno tiene influencia muy marcada. Por regla general se puede añadir del 15 al 30 por ciento del peso del precipitado seco. Con una serie de tanteos se puede llegar a fijar la cantidad de bórax más conveniente para un polvo de cianuración dado.

**El ácido silícico** —cuarzo— está casi siempre presente en los precipitados de cianuración, a los cuales se mezcla accidentalmente cuando la arena que pasa a través de un mal filtro avanza por las tuberías con la solución hasta las cajas de precipitación. En cantidades moderadas y cuando no está acompañada de arcilla, no es inconve-

niente en la fundición, al contrario, la facilita. Un precipitado común y corriente tolera de 10 a 15 por ciento de arena cuarzosa con ventaja. Este reactivo tiene la conveniencia de reducir la densidad de la escoria y facilitar la separación de las granallas metálicas por acción de la gravedad. Es aconsejable añadir al precipitado del 10 al 15 por ciento de su peso, de arena cuarzosa lavada, pasada por malla N° 30.

**El cuarzo** es, como el bórax, un reactivo ácido en la fundición y forma con los óxidos metálicos silicatos más o menos fusibles. Con los álcalis solubles —potasa y soda— da silicatos muy fusibles. Con la cal produce un silicato menos fusible que los silicatos alcalinos, pero lo suficientemente fluido para poder eliminar aquel elemento en la escoria. El bórax y el cuarzo no modifican el grado de oxidación de los compuestos oxigenados, esto es, no sirven como reductores ni como oxidantes. El cuarzo no afecta los crisoles.

**El carbonato de soda** —soda de comercio— que a veces se denomina **soda ash**, es un reactivo básico y sirve para eliminar el azufre, con el cual forma un compuesto muy fusible —sulfuro o polisulfuro de sodio— fluidifica las escorias muy cuarzosas y contribuye a eliminar los compuestos de arsénico, antimonio y teluro.

La soda se encuentra en el comercio en dos formas: carbonato de sodio seco y carbonato de sodio cristalizado. Este último cuerpo se presenta en forma de cristales con 63 por ciento de agua de cristalización. Al calentarlos sufren la fusión acuosa. Como fundente, el carbonato de sodio cristalizado es inconvenientísimo por las mismas razones expuestas para el atincar. El carbonato seco es muy ávido de agua y se calienta ligeramente al mojarlo. Es preciso conservarlo en lugares secos para evitar que se humedezca y se compacte, lo cual tiene como inconveniente que se dificulta la mezcla perfecta con el precipitado.

Con frecuencia se confunde el carbonato de sodio con el **bicarbonato de sodio**. El bicarbonato tiene dos veces más ácido carbónico que el carbonato. Como el ácido carbónico es un gas inerte, que se escapa al calentar el bicarbonato, no tiene utilidad ninguna en la fundición; al contrario, molesta mucho porque al desprenderse en el crisol arrastra afuera polvo rico, infla considerablemente la escoria en las primeras etapas de la fundición y la expone a derramarse. Además, siendo el bicarbonato más voluminoso que el carbonato para la misma cantidad de óxido de sodio, que es la materia útil, ocupa mucho espacio en los crisoles.

El carbonato, como fundente para precipitados, debe emplearse con prudencia y sólo en los casos comprobados de existencia de arcillas, cal, exceso de cuarzo, o cuando se note la tendencia a apa-

recer mate —sulfuro metálico— sobre el botón de oro y plata. El mate indica la presencia de azufre o de alguno o algunos de los metaloides afines y la soda puede eliminarlos, aunque no siempre. Un exceso de soda en los fundentes deteriora rápidamente el crisol, atacando la arcilla que contiene como aglomerante de la plumbagina. No es recomendable emplear más del 5%.

**El bióxido de manganeso y el óxido férrico** (limonita) son sustancias ricas en oxígeno, el cual ceden a los cuerpos oxidables o reductores a temperaturas elevadas. El papel o función de estos dos reactivos en la fundición es el de oxidar ciertos metales y metaloides que pueden asociarse con los metales nobles y deteriorarlos. El manganeso y el hierro quedan en la escoria, después de ceder parte del oxígeno que tenían cuando estaban peroxidados, en forma de silicatos o borosilicatos ferrosos o manganosos. No sirven propiamente como fluidificantes; por el contrario, exigen cierta cantidad de bórax para escoridificarse.

Cuando un precipitado bien libre de cortos y debidamente calcinado da, sistemáticamente, barra de muy baja ley, rica en zinc, cobre o plomo, o acompañada de mate, conviene probar la fundición con diversas proporciones de bióxido de manganeso o de limonita. En todo caso, se debe proceder con prudencia y no exagerar el porcentaje. Parece probado que el manganeso en la escoria tiene la tendencia a dispersar las granallas metálicas y a mantenerlas en suspensión.

**El litargirio** —óxido de plomo— desempeña dos papeles en la fundición: actúa como colector de los valores y es un fluidificante de las escorias excesivamente cargadas de cuarzo o de alúmina. Desgraciadamente es un reactivo caro, por una parte, y por la otra, el plomo se acumula en la barra y reduce la ley e impone la necesidad de un tratamiento posterior de aquélla por copelación. No es aconsejable emplear el litargirio como fundente; primero por su precio elevado; segundo, porque produce escorias muy densas que tienen la tendencia a mantener granallas en suspensión. Como **colector** es un gran recurso en los casos de precipitados de difícil beneficio, como aquellos en los cuales las partículas metálicas no se recogen en el fondo y quedan dispersas en la masa de la escoria. El plomo, al alearse con ellas, aumenta su densidad y la tendencia a acumularse en masas mayores y por lo tanto a llegar al fondo del crisol. El litargirio, para reducirse a plomo metálico, exige la presencia de carbón o de otra sustancia eminentemente oxidable en la carga que se beneficia. Sin una prueba preliminar es difícil calcular qué cantidad de carbón es preciso añadir para reducir determinada cantidad de litargirio en una mezcla dada. Sólo cuando todos los óxidos metálicos

presentes en la escoria lleguen al *mínimum* de oxidación por la acción del carbón, empieza a precipitarse plomo metálico. Si hay deficiencia de carbón el litargirio queda en la escoria.

**El nitro** también se emplea accidentalmente en la fundición de precipitados para quemar el carbón cuando no han sido calcinados y para oxidar el zinc, el azufre, etc. El nitro es un buen oxidante debido a que cede una alta porción del oxígeno que contiene, pero la descomposición ocurre a una temperatura poco elevada, por debajo del rojo. De esto depende que su acción sea muy deficiente cuando se lo incorpora en la carga para fundir: casi todo el oxígeno que produce el reactivo se escapa antes de que la masa entre en fusión.

Algunos acostumbran añadir a los polvos de cianuración cloruro de sodio (sal de cocina) como fundente. Esta práctica no se justifica. El cloruro de sodio es un compuesto muy estable y no se descompone apreciablemente en las condiciones de la fundición de precipitados. Ni aun se mezcla a la carga fundida: va a la superficie y se volatiliza lentamente. Además, el cloruro de sodio fundido tiene la tendencia a penetrar en los poros del crisol y cuando éste se deja en una atmósfera húmeda, la sal cristaliza, aumenta de volumen y disgrega la pasta de la vasija por acción mecánica.

Conocidas las propiedades generales de los fundentes y el modo de reaccionar en el crisol, veamos ahora el método de preparar las cargas y de efectuar la fundición.

Ya expusimos anteriormente la conveniencia de calcinar los precipitados antes de fundirlos. El asunto es de tanta trascendencia que vale la pena de insistir en él. Sabemos que el precipitado de cianuración contiene —fuera de oro y plata— zinc, cobre, plomo; óxidos y cianuros dobles de estos metales; azufre combinado, etc.

La fundición perfecta sería aquella que permitiera la extracción total de los metales nobles perfectamente puros, económicamente. La práctica está muy lejos de ese ideal. Siempre resulta una pérdida metalúrgica más o menos considerable: pérdida al hacer las mezclas de fundentes y precipitados; al cebar el crisol y también en la escoria. El metal noble resultante de la operación nunca aparece puro; indefectiblemente se contamina con plomo, zinc o cobre; otras veces se presenta una capa de mate en la cara superior del botón o barra, y este mate o sulfuro retiene siempre oro y plata. Más adelante explicaremos las razones que hay para evitar, hasta donde sea posible, que el **régulo** o botón de oro y plata se mezcle con los cuerpos citados.

Los cianuros dobles contenidos en el precipitado tienen carbón como constituyente. Este carbón es un gran reductor y es capaz de



volver al estado metálico el zinc, el cobre o el plomo que estén en el polvo al estado de óxidos. Esta acción es a veces directa cuando gasta el oxígeno de los compuestos oxidantes que se añaden a la carga. Es preciso eliminar el carbón de los cianuros. Para ello el medio más expedito es la calcinación del precipitado. Con esta operación, cuando se hace a muerte, se consigue también la oxidación de los metales bajos ya tantas veces citados. Otra ventaja no despreciable de la calcinación de los polvos de cianuración es la de que les reduce su masa y los hace más densos. Cuando se paga la fundición por el peso de lo que se somete al tratamiento, la conveniencia de reducirlo es obvia.

**Preparación de las mezclas.**—Volvamos a lo de la preparación de las mezclas de polvo aurífero y fundentes. Ante todo se debe pesar el precipitado y revolverlo homogéneamente, desbaratando los grumos. Esta operación puede efectuarse cómodamente en una gran bandeja de lámina de hierro galvanizado, de un metro de ancho por metro y medio de largo, con costados de veinte centímetros de altura. El objeto de esta gran superficie es el de permitir manipular con desembarazo y hacer la mezcla de fundentes y polvo lo más perfecta posible. Una vez bien revuelto el precipitado se extiende en capa delgada, pareja, en toda la superficie de la vasija. En seguida se añade, distribuyéndolo en toda la extensión, el bórax y, con un palustre, o con el azadón, si la masa de material fuere muy considerable, se revuelve haciendo una pila al centro de la bandeja y desbaratándola varias veces hasta que no aparezcan parches o zonas de distinta coloración. Se riega de nuevo el material en capa delgada, como al principio y se procede a añadir otro de los fundentes. Se continúa de igual manera hasta completar la adición de todos los reactivos. Es muy importante que éstos estén bien pulverizados, para que la reacción en el horno sea rápida y completa.

Si el precipitado estuviere muy húmedo, como es el caso frecuente cuando no se lo calcina, se determinará la humedad para hacer el cálculo de los fundentes.

El tamaño más apropiado del crisol de plombagina depende de la cantidad de mezcla que se pretenda fundir y de la densidad de la sustancia. En ningún caso se deben llenar más de las dos terceras partes, dejando un espacio considerable por lo que pueda dilatarse o hincharse la carga al entrar en fusión. Pasada la faz de actividad química, con su correspondiente desprendimiento de gases, se agita la escoria con una varilla de hierro, se deja todo tranquilo unos minutos y se añade un nuevo lote de mezcla, por medio de un cucharón de metal asegurado en un mango de madera. Se espera de



nuevo el período de fusión tranquila y se repite la adición de material. Si el crisol se llenare demasiado, se puede retirar algo de escoria con un cucharón de hierro batido, cuidando de no sumergirlo hasta el fondo para no sacar metal. Este método de disponer de la escoria simplifica mucho la operación y prolonga la vida del crisol, ya que la acción de las pinzas y los enfriamientos rápidos lo deterioran considerablemente.

Volviendo ahora a la proporción de fundentes que precisa añadir a un precipitado dado, es imposible determinarla sin una serie de experiencias y tanteos. Lo mejor es tomar un lote de varios kilos bien promediado y probar sobre cargas de kilo de polvo cambiando los reactivos y las proporciones, hasta dar con la mezcla más apropiada. Naturalmente, hay que tratar de obtener condiciones semejantes de temperatura en el horno, etc. para que los resultados sean comparables.

No sólo debe atenderse a la cantidad y a la calidad del metal que se obtenga, sino también al costo de reactivos, combustible, crisol, obra de mano, etc.

Una observación cuidadosa de todas las fases de la operación y un examen detenido de la escoria y ensayos de la barra o botón de metales preciosos, dan indicaciones valiosas sobre la bondad de la mezcla de reactivos que se prueba.

Si de la escoria en fusión se desprende llama verde que produce humos blancos, espesos, es seguro que hay zinc metálico en el material. Este metal pudo estar presente al estado libre en el polvo original, por haber omitido la calcinación o porque ésta fue deficiente; o también puede ser el resultado de la reducción del óxido de zinc. En todo caso, el fenómeno de la llama verde indica que faltó oxidación y sugiere la conveniencia de estudiar y probar la tostión preliminar de los pólvos, si no se hubiere efectuado, o la adición de oxidantes a la carga para destruir los reductores.

Un burbujeo sostenido en la escoria indica a veces la presencia, en el fondo del crisol, de una masa porosa de material ferruginoso, o de una especie de esponja metálica carbonosa, y es indicio cierto de que hace falta una intensa oxidación a la carga.

La **escoria** o vidrio debe ser objeto de un estudio cuidadoso. En condiciones determinadas los metales preciosos se diseminan en toda la masa en forma de niebla finísima, casi coloidal, visible sólo con lente. Las partículas metálicas son tan sutiles que no son visibles a simple vista al hacer el cateo en la batea. Es un fenómeno similar al que ocurre con el mercurio, cuando se lo frota para amalgamar un concentrado muy oxidante o engrasado: se produce lo que llaman los

mineros aguamasa de mercurio. Este fenómeno de dispersión puede ser debido al poder excesivamente oxidante del medio en que se forman las esferitas de metal: se oxidan superficialmente y pierden la facultad de aglomerarse, como ocurre con la flor de mercurio. Esta analogía de los fenómenos hace pensar en remedios semejantes; y efectivamente: la flor de mercurio se recoge añadiendo una pequeña cantidad de amalgama de sodio, unas cuantas gotas de solución de nitrato de plata, de bicloruro de mercurio o de cianuro de sodio. Todos estos reactivos tienden a disolver la película de óxido y a poner de nuevo en juego las fuerzas de cohesión. Con frecuencia la adición de cianuro de sodio, al vidrio en fusión, determina la coagulación o aglomeración de las partículas metálicas. El cianuro empieza por fundirse como tal; luego, a una temperatura más elevada y paulatinamente, se transforma en cianato, y éste a su vez, y poco a poco, se va descomponiendo, ejerciendo su acción reductora.

Naturalmente, como en todo, es preferible prevenir que curar. Cuando un precipitado presenta sistemáticamente el fenómeno de dispersión de los valores que venimos estudiando, se le puede humedecer al hacer la mezcla, con un poco de breca líquida o de solución concentrada de panela o azúcar, que actuarán como reductores.

Si las granallas que se encuentran en el vidrio son de tamaño apreciable se someten a las pruebas siguientes: con el imán, para determinar si contienen hierro, lo cual indica escoria demasiado reductora. Se atacan con ácido sulfúrico o clorhídrico, para averiguar si hay cantidad apreciable de zinc: este metal da, con los ácidos mencionados, burbujas de hidrógeno. El cobre es muy difícil de eliminar totalmente en la fundición y es el menos perjudicial de los elementos que se asocian con los valores. Si las granallas en la escoria sin triturar aparecen cubiertas de una película negra, es seguro que el rulo o botón resultará con mate muy cargado de plata.

Cuando las granallas se aplastan fácilmente bajo la acción del martillo, se puede contar con la presencia de plomo. Si no se ha añadido litargirio como fundente, aquel metal procede del acetato que se emplea para activar las virutas y hay que moderar o cuidar la operación de tratamiento del zinc con la sal de plomo.

El mate que ordinariamente acompaña al botón en la fundición de precipitados de cianuración es de color negro azulado, muy frágil a veces y que salta con una ligera explosión al golpearlo con el martillo. En algunas ocasiones exhibe las características del sulfuro de plata fundido: se deja cortar como cuerno y es maleable.

No es práctico beneficiar en cada operación de fundición el mate

que resulte. Es más conveniente acumularlo hasta completar un lote de varios kilos para fundirlo.

#### TRATAMIENTO DE ESCORIAS

El tratamiento más apropiado para las escorias es el siguiente: triturarlas en una batería de molino bien limpia, por la misma malla que se acostumbra en la mina para el mineral. Se recoge con mucho cuidado todo el material molido, no perdiendo ni aun los lodos, y se cierne en un cernedor común y corriente con uno o dos tableros rayados a la cola. De este modo se recoge la mayor parte de los valores que están en forma de granallas gruesas. Los residuos de esta operación se trituran muy fino en un arrastre de piedra y se vuelven a repasar por el cernedor y tableros, muy despacio. Es importante no dejar perder escoria en ninguna de esas maniobras porque aún queda con valores no despreciables y debe guardarse con el fin de estudiar la posibilidad de exportarla, cuando se tenga un lote grande. Es inútil tratar de aplicarle la cianuración o la amalgamación: no da resultado y para refundirla en crisol es demasiado pobre. Procúrese que al beneficiar los vidrios en la forma indicada no se mezclen con sustancias extrañas, que empobrecerán el residuo final y pueden, en muchos casos, hacerlos más refractarios al tratamiento químico que seguramente habrá que darles para agotarlos. No vale la pena de llevar al molino lotes pequeños de escorias; acumúlese una cantidad que valga la pena.

Es imposible dar reglas precisas para la fundición de precipitados en general; cada caso es un problema separado que debe estudiarse prácticamente con una serie de pruebas y tanteos, utilizando las reglas generales que hemos dado. Queda al buen juicio del minero resolver si le resulta más económico y cómodo fundir sus precipitados en la mina o llevarlos a la fundición. Por una parte hay que computar lo que cuesta la construcción de horno y chimenea; consecución de pinzas, moldes, reactivos, coke, etc.; obra de mano experta en el oficio de fundición y la atención personal y el tiempo que tiene que dedicarle el minero al problema. Súmese al costo la pérdida metalúrgica que pueda resultarle, que al principio, cuando falta la experiencia, es considerable.

Cuando se hace el beneficio en la fundición se puede considerar muy alto el pago, pero no se tiene en cuenta la gran experiencia adquirida en años de práctica. Es posible que la menor pérdida metalúrgica que seguramente resultará en la fundición, por su larga práctica, compense con creces el aparentemente alto costo de fundición de los precipitados.

## AVALUO DE LOS METALES PRECIOSOS

Esta parte sobre el avalúo de las barras de oro y plata interesa a todo el gremio minero. La mayor parte de los productores de metales nobles no tienen ni la más vaga idea de cómo se calculan los valores que figuran en los certificados de ensaye que expiden los laboratorios. A duras penas fijan la atención en las mermas y en la ley de oro y en muchos casos interpretan erradamente los resultados.

Vamos a enseñar al minero el modo de calcular sus barras, para que pueda rectificar inteligentemente el trabajo de la fundición.

Es indispensable que el productor de oro conozca en qué consiste la **merma** y cómo se calcula ésta; es preciso que sepa qué se entiende por ley oro y ley plata de una barra y, en fin, debe saber cuáles son los gastos a que se hace alusión en la boleta de ensaye.

**Mermas.**—El oro al llegar a la fundición, bien sea oro de aluvión, de veta, cianurados, alhajas, etc., contiene, como ya hemos dicho, muchas impurezas, por ejemplo: piritas de hierro, de cobre y de zinc; hierro magnético, mercurio —cuando el oro ha sido amalgamado— plomo, zinc, cobre, etc. Además, siempre está aleado con mayor o menor cantidad de plata. De todas estas sustancias sólo la plata se avalúa en el certificado de la fundición; las demás son un estorbo y al hacer la reducción del oro bruto a barra, se debe tratar de eliminarlas hasta donde sea posible, económicamente.

Precisamente los cuerpos que se descartan al hacer la fundición constituyen la merma. Esta se calcula en porcentaje del peso original del oro y figura en la boleta de castellanos, comprobante que queda en manos del minero o del individuo que introduce el oro al laboratorio. En esta boleta se hace figurar el número de castellanos recibidos y el número de castellanos de la barra lista para ser vendida. Con estos dos factores se calcula la merma, así: del número de castellanos introducidos a la fundición se resta el peso de la barra, también en castellanos; la diferencia, que es la merma total, se divide por el número que representa los castellanos entregados en la oficina de ensayes, multiplicado por ciento. Ejemplo: Entraron al laboratorio 250 castellanos de oro en bruto; entregan una barra de 200 castellanos, cuál es la merma? Aplicando la regla dada se restan 200 de 250; la diferencia, 50, se multiplica por ciento y se divide por 250, lo cual da por resultado 20%. Esto es muy claro. La merma total es de 50 castellanos en 250, o sea la quinta parte del peso original; ahora, la quinta parte de ciento es veinte, luego la merma es el 20% y así en todos los casos.

La merma de las barras está pues constituida: a) por las sustancias no valiosas que se eliminaron al fundir; b) por el metal que se



retira de la barra al barrenarla para tomar la muestra de ensaye; c) por la pérdida metalúrgica inherente a toda operación de fundición y que puede ser más o menos elevada según la habilidad y buena voluntad del operario.

En relación con las mermas del oro tenemos que hacer estas observaciones para destruir ciertos prejuicios de los mineros. Un oro de la misma veta o de la misma cinta, elaborado con el mismo cuidado, puede tener merma diferente, de una remesa a otra, o de una barra a otra. Y esto por qué? Por la sencilla razón de que el sistema de fundición no es absolutamente semejante para cada barra y en cada operación cambia más o menos alguno de los factores y en un caso puede eliminarse mayor cantidad de impurezas que en otro. Además la ley del oro no es tampoco exactamente la misma en todos los puntos del aluvión o de la veta.

En cada lote de oro en bruto hay una cantidad determinada de oro y plata puros. La barra resultante al fundir, si se eliminan todas las impurezas, tiene una ley obligada en oro y en plata, que no se puede variar sino sacrificando uno de los metales. De suerte que para un oro dado hay una merma máxima, más allá de la cual hay pérdida fija de valores. Si por temor a la pérdida metalúrgica que casi siempre resulta de una refinación avanzada, se dejan muchos metales bajos en la barra, puede resultar también un perjuicio porque como los gastos que afectan a las barras se calculan sobre el peso de ellas, mientras mayor cantidad de metales secundarios dejen de eliminarse, mayor viene a ser el gasto por el motivo apuntado.

A veces resulta que el minero en su afán de obtener una merma muy baja en su barra, limpia el oro excesivamente dejando recortes muy ricos que después beneficia en malas condiciones, perdiendo valores. En muchos casos es preferible dejar el oro un poco sucio, aunque se sufra una merma más alta al fundir. Sólo la experiencia y la observación indicarán lo más conveniente, en cada caso particular.

No hay que temer una merma elevada, desde que el trabajo del laboratorio sea consciente y cuidadoso. Generalmente cuando se nota en un oro de ley conocida una merma extraordinaria, no justificada por menor buena elaboración del metal bruto, se debe examinar si las leyes subieron proporcionalmente a la mayor merma. En caso contrario hay que temer una pérdida de metales nobles.

El dueño del oro recupera algo de lo que figura como merma en las escorias que las fundiciones reintegran al interesado. La mayor parte del valor de las susodichas escorias es el valor del boquete o barrenadura que se toma para el ensaye.



**Leyes.**—La ley de una barra, bien sea en oro o en plata, es la proporción de oro o plata en mil partes o unidades de la liga; esta relación se expresa en milésimas. Al decir que una barra tiene 500 milésimas de ley de oro se entiende que en 1.000 partes —gramos, castellanos, onzas, etc.— de la pasta, hay 500 partes —gramos, castellanos, onzas, etc.— de oro puro. Lo mismo para la plata. El oro puro y la plata pura tienen mil milésimas de ley.

El objeto del ensaye es determinar la ley en oro y en plata del lingote. No hay para qué entrar a describir el procedimiento químico que se emplea con este fin. Basta saber que es un trabajo delicado, porque como se trata de calcular con bastante precisión el contenido en metales valiosos de una barra, hay que aproximar la determinación de la ley en oro, que es lo más importante, hasta décimos de milésimo.

**Cálculo del contenido de una barra en metales preciosos.**—En Antioquia se acostumbra pesar el oro en castellanos y en la boleta que queda en manos del minero se hace figurar el peso del oro crudo y del lingote, en castellanos, tomines y granos. Este sistema de pesas complejas es muy engorroso porque dificulta mucho el cálculo. Por eso se adopta en las boletas que se expiden para el comprador el sistema decimal, que es mucho más sencillo y rápido. Los cálculos se hacen a base de gramos.

Una vez definida la ley de la barra en oro y en plata, se procede a pesarla en gramos. Con los dos factores, ley y peso, se busca el contenido del lingote en gramos de oro y plata. La operación es muy fácil: basta multiplicar el peso de la barra por la ley expresada en números enteros y dividir el producto por mil; el resultado da el número de gramos de metal noble en la barra. Ejemplo: Cuántos gramos de oro y cuántos gramos de plata hay en un lingote que pesa 1.800 gramos y que tiene 500 milésimas de ley en oro y 200 milésimas de ley en plata?

$$\begin{array}{r} 1.800 \times 500 \\ \hline 1.000 \end{array} = 900 \text{ gramos de oro puro.}$$

$$\begin{array}{r} 1.800 \times 200 \\ \hline 1.000 \end{array} = 360 \text{ gramos de plata pura. El cálculo es se-}$$

mejante al anterior para cualquier ley y para cualquier peso de barra.

**Cálculo del valor de los lingotes.**—El kilogramo de oro puro vale 1.125.24 dólares desvalorizados; la plata tiene valor variable según

las condiciones del mercado. Actualmente se está calculando el metal blanco a razón de 11.00 dólares el kilo.

Ya tenemos, pues, los elementos para determinar el valor bruto de una barra: peso de los metales preciosos contenidos en ella y precio de éstos. El cálculo es de los más fáciles: basta multiplicar los gramos de oro puro por \$ 1.125.24 y los gramos de plata pura por \$ 0.011 y sumar los dos productos. En el caso del ejemplo que se dio para ilustrar el modo de calcular los gramos de metales puros, el valor de la barra sería:

$$\text{En oro, } 900 \times 1.125.24 = \$ 1.012.71$$

$$\text{En plata, } 360 \times 0.011 = \quad 3.96$$

Valor total de la barra en dólares 1.016.67

Las boletas de ensaye de las fundiciones rezan lo siguiente: Vale en Nueva York, deducidos todos los gastos, menos los de fundición y ensaye en Medellín, que son..... El minero se preguntará cuáles son los gastos que quedan cargados. Vamos a indicarlos: A las barras comprendidas entre 1 y 50 milésimas, se les rebaja el 5%. A las comprendidas entre 50 y 100 milésimas se les rebaja el 2.9%. A las barras cuya ley en oro esté entre 101 y 300 milésimas se les deduce 1.9%. A las comprendidas entre 301 y 500 milésimas se les rebaja el 1.7%. A aquellas cuya ley está comprendida entre 501 y 700 milésimas, pierden por gastos 1.4%. En fin, los lingotes cuya ley en oro pasa de 700 sólo quedan castigados con 1.3% ad valorem.

Fuera de los gastos anteriores se deducen por fundición y ensaye (en la Casa de Moneda o en el exterior) las siguientes cantidades: las barras cuyo valor es menor de \$ 100 pierden \$ 0.50; a aquellas cuyo valor está entre \$ 101 y 500 se les descuenta \$ 1.00 y, a las barras con valor por encima de \$ 500 se las castiga con \$ 1.50.

A continuación damos algunos ejemplos para que el interesado se ejercite en el cálculo:

Peso de la barra, 875.4; ley oro 869.0- ley plata, 123. Valor \$ 844.54

Peso de la barra, 709.9; ley oro 447.5- ley plata, 209. Valor \$ 354.44

Peso de la barra, 634.5; ley oro 689.4- ley plata, 148. Valor \$ 485.34

Peso de la barra, 281.1; ley oro 309.2- ley plata, 639. Valor \$ 97.57

Los valores anteriores son dólares depreciados a la par.

Los componentes de los gastos de que hemos hablado son muy numerosos y no importa detallarlos. Basta saber que el minero vende

sus productos puestos en Nueva York, pagando fletes, seguro, portes, comisiones, afinación, refundición y ensaye, etc., etc.

**Prima.**—En Colombia el Banco de la República, único comprador autorizado del oro, paga una prima sobre el valor de las barras. Esta prima o bonificación la calcula el Banco de acuerdo con la prima de los dólares, teniendo en cuenta que el Gobierno se reserva pagar el 15% del valor de las barras al 113 (Ley 21 de 1935).

Con un cambio del 175 en los dólares cuál sería la prima de las barras?

Calculemos sobre 100 dólares. De estos 100 dólares toma el Gobierno 15 y los paga al 113..... \$ 16.95

Los 85 dólares restantes los paga el Banco al 175.. \$ 148.75

Paga el Banco por 100 dólares.....\$ 165.70

De modo que la prima para las barras, con un cambio de 175 para los dólares, es de 165.70. Esto equivale a un impuesto del 5.3% sobre el producto bruto.

#### METODO PARA FIJAR LA LEY EN ORO DE MEZCLAS BINARIAS POR MEDIO DE LA DETERMINACION DE LA DENSIDAD

Este método es apenas aproximado, pero en cambio, muy rápido y sencillo y al alcance de cualquiera que posea una buena balanza de las que se emplean para pesar oro. En ciertos casos el sistema es muy útil, como lo veremos más adelante.

Es bien sabido que un cuerpo, si se lo pesa sumergido en agua, resulta más liviano. Se ha comprobado que en esas condiciones la pérdida de peso es igual al peso del volumen de agua que desaloja. La densidad de un sólido es la relación entre el peso de un volumen determinado del sólido y el peso del mismo volumen de agua a 4 grados centígrados, que es la temperatura en que este líquido exhibe su mayor densidad. Por ejemplo, si dividimos el peso de un decímetro cúbico (1 litro) de oro puro, 19.300 gramos, por el peso de un decímetro cúbico (1 litro) de agua, 1.000 gramos, obtenemos 19.3. Esta cifra representa la densidad del oro puro.

Ahora, si mezclamos, fundiendo, oro y plata puros tendremos ligas cuyas densidades variarán entre los límites 19.3 y 10.5 que son las densidades de los dos metales en estado de pureza. De suerte que parece posible fijar la composición de la liga de Au-Ag puros determinando su densidad, y suponiendo, naturalmente, que al hacer la liga no ocurra dilatación ni contracción. Hemos efectuado

una serie de determinaciones de ley en oro de ligas muy variadas con muy buena aproximación, comparando con la ley exacta fijada por análisis de laboratorio y esto nos anima a dar a conocer el método.

Se procede de esta manera: se pesa, con la mayor exactitud posible y en gramos —o se reduce la pesada a gramos— el cuerpo que se va a estudiar, barra, botón, fragmento, etc. Se repite la pesada suspendiendo el cuerpo de un hilo lo más delgado posible —una prima de tiple, por ejemplo— y sumergiéndolo en agua. La diferencia de los dos pesos en gramos indica el volumen de la pieza, computando por cada gramo de diferencia en el peso un centímetro cúbico. Ejemplo: una barra de oro y plata pesa directamente 659.5 gramos; pesa sumergida en agua 622.3 gramos; su volumen es 37.2 centímetros cúbicos y su densidad 17.72.

$$\text{Densidad} = \frac{\text{Peso}}{\text{volumen}}$$

La fórmula general para la determinación de la ley en oro es esta:

$$1000 - \frac{V' - V}{D}$$

1000 es la ley del oro puro.  $V'$  es el volumen de 1000 gramos de la liga que se estudia.  $V$  es el volumen de 1000 gramos de oro puro.  $D$ , que es un factor constante para cada liga o mezcla determinada, se obtiene buscando la diferencia entre el volumen de un gramo de oro puro y el volumen de un gramo de la sustancia que entra con el oro en la liga. Vamos a dar un ejemplo completo.

Tenemos una barra de oro y plata cuyo peso directo es de 1094.3 gramos y su peso, sumergida en agua, es de 1024.5 gramos. Su volumen resulta con estos datos 70.3 centímetros cúbicos.  $V'$ , o sea el volumen

de 1000 gramos de la liga, lo da esta operación:  $\frac{70.3 \times 1000}{1094.8}$  igual

64.21.  $V$ , volumen de 1000 gramos de oro puro, lo determinaremos dividiendo 1000 por la densidad del oro puro, 19.3 así:  $\frac{1000}{19.3}$ , igual 19.3

51.81. El factor D lo sacamos así:

$$\frac{1}{10.5} - \frac{1}{19.3} \text{ igual } 0.0434. \text{ Ya tenemos, pues, los elementos}$$

numéricos para calcular la ley oro según la fórmula general

$$1000 - \frac{V' - V}{D}.$$

Reemplazando las letras por números queda la fórmula así:

$$1000 - \frac{64.21 - 51.81}{0.0434}. \text{ Efectuando la operación resulta ley } 714.3.$$

Para evitar muchos cálculos engorrosos damos a continuación algunos datos numéricos aplicables a este procedimiento de fijar leyes de oro.

Densidades		D	V
Oro	19.30	.....	51.81
Plata	10.50	0.0434	
Cobre	8.85	0.0612	
Plomo	11.40	0.0361	
Zinc	7.15	0.0880	
Cuarzo	2.65	0.3255	
Calcita	2.72	0.3158	

Como ilustración insertamos un cuadro de determinación de leyes de oro efectuadas por este sistema e incluimos, además, las leyes exactas obtenidas por procedimiento químico, para comparar.



Barra Número	Peso en el aire. Gramos	Peso en el agua. Gramos	Volumen en Cent. cúb.	V'-Volumen de 1000 grs. liga	Ley exacta	Ley calculada
1	2.172	2.047.4	124.6	57.36	878.0	873.0
2	1.291.5	1.215.0	76.5	59.23	822.0	830.0
3	659.5	622.3	37.20	56.40	894.5	894.2
4	864.0	815.5	48.50	56.13	896.0	900.5
5	757.0	713.0	44.00	58.10	849.1	855.0
6	1.094.8	1.024.5	70.3	64.21	715.5	715.0
7	265.8	250.0	15.8	59.44	823.8	824.0
8	265.9	249.8	16.1	60.54	787.2	799.0
9	452.8	426.7	26.1	57.64	847.0	866.0
10	1.781.8	1.675.1	106.7	59.88	826.0	815.0
11	368.5	342.5	26.0	70.55	569.0	569.0
12	229.3	214.4	14.9	64.98	695.0	697.0
13	536.9	505.0	31.9	59.41	825.0	825.0
14	6.487.2	6.113.0	374.2	57.68	862.0	865.0
15	473.7	446.3	27.4	57.77	859.0	863.0
16	237.4	223.0	14.4	60.65	786.0	796.0
17	67.4	62.7	4.7	69.73	581.0	587.0
18	229.7	217.2	12.5	54.41	950.0	940.0
19	177.1	167.3	9.8	55.33	911.0	919.0
20	206.3	194.8	11.5	55.74	911.0	919.0
21	424.6	419.6	25.0	58.87	855.0	842.0

Es obvio que en ligas ternarias —oro y otros dos metales— no se puede determinar la ley por este sistema, salvo que se conozca la proporción en que se encuentran en la aleación los otros dos metales distintos al oro. Es preciso también que a todas las cavernas o vacíos pueda entrar el agua, porque de lo contrario el volumen obtenido resultaría falso. También resulta imposible operar con precisión en ligas que sufren dilatación o contracción al formarlas.

Las pesadas deben hacerse con la mayor exactitud posible, especialmente si se trata de objetos de muy pequeño volumen.

Es posible encontrar el volumen de una pieza cualquiera en esta forma: se llena con agua, hasta rebosar, una vasija de capacidad proporcionada al objeto cuyo volumen se va a buscar. En seguida se sumerge el cuerpo, suspendido a un hilo delgado, lentamente, y se lo deja dentro hasta que escape toda el agua desalojada. Se mide el líquido desplazado con mucha precisión, empleando para ello una probeta o mejor una bureta que dé hasta décimos de centímetro cúbico. Este método es menos exacto que el descrito para la pesada en agua.

**Utilidad del método.**—Los joyeros pueden emplearlo con ventaja para conocer la ley en oro de joyas, monedas extrañas, botones, etc.

El comprador de oro en los mismos casos puede orientarse en sus compras. Todo esto es aplicable al minero.

Hay un caso especial en que el sistema es muy útil y es el de determinar el valor del oro contenido en especímenes de minerales auríferos que no se quieren destruir. Demos el caso de un cuarzo con oro, cuyo valor se quiere apreciar calculando el oro contenido en él. Como el oro natural nunca es puro, no se puede partir para los cálculos de la densidad del oro puro. Precisa conocer la densidad del oro de la mina de la cual proviene el espécimen. Esto se obtiene en esta forma: se pesa con buena aproximación una cantidad de oro en polvo de la mina; se introduce éste en una bureta graduada en décimos de centímetro cúbico, llena de agua hasta la mitad, a la división marcada 10 centímetros cúbicos, digamos. Se observa el aumento de volumen del agua en la bureta; esto indica el volumen del oro introducido. El peso dividido por este volumen da la densidad del oro.

Ejemplo para el caso de un cuarzo aurífero: se pesan 30 gramos de oro en polvo de la mina y se introducen en la bureta como ya se indicó y se encuentra un volumen de 1.92 centímetros cúbicos. La densidad es, pues, 30 dividido por 1.92, o sea 15.6. Tenemos en el **chicharrón** o piedra aurífera una mezcla de oro y plata ligados, con densidad de 15.6 y cuarzo con densidad de 2.65. Ahora determinamos el volumen del chicharrón en la forma indicada para las barras, es decir, pesando en el aire y en agua y computando como centímetros cúbicos la diferencia de las pesadas en gramos. En nuestro ejemplo supongamos que el **chicharrón** pesa al aire 200 gramos y en agua 135.66 gramos. El volumen de la piedra será 64.34 centímetros cúbicos y su densidad 300 dividido por 64.34 o sea 4.66. Tenemos los datos para

aplicar la fórmula:  $1000 - \frac{V' - V}{D}$ .  $V'$  lo calculamos así:

$$\frac{64.34 \times 1000}{300} = 214.47. \quad V \text{ lo obtenemos así: } \frac{1000}{15.6} = 64.10$$

$$D \text{ lo sacamos así: } \frac{1}{2.65} - \frac{1}{15.6} = 0.3773 - 0.06410 = 0.3132$$

Queda la fórmula, reemplazando las letras por las cantidades correspondientes,  $1000 - \frac{214.47 - 64.10}{0.3132} = 520$ , es decir, la ley del

chicharrón, en oro (liga de oro y plata). Ahora el peso del chicharrón por su ley,  $300 \times 0.520$ , igual 156 gramos de oro (liga de Au—Ag.)

Hemos hecho bastantes pruebas del sistema calculando el oro en especímenes de cuarzo aurífero y luégo moliendo la piedra para pesar el oro. La mayor parte de los resultados han sido de una exactitud sorprendente, lo mismo que los efectuados sobre barras de oro y cobre.

La densidad del oro en polvo no se puede buscar pesando el oro dentro del agua, pues no hay modo de suspenderlo. Hay que apelar a la determinación del volumen en la forma antes indicada.

Se puede objetar que la densidad del agua a las temperaturas del ambiente en este país es menos del 1. Es verdad aquello, pero el error es del orden de las milésimas y las pesadas alcanzan mucha exactitud cuando llegan al orden de las centésimas, de suerte que no se justifica hilar demasiado fino.

Repetimos: no se puede pretender aplicar el procedimiento descrito a mezclas o aleaciones de más de dos elementos diferentes. En el caso de la piedra con oro, a pesar de que en ella existen oro, plata y cuarzo, el oro y la plata, como están unidos íntimamente, se consideran como un solo elemento.

#### INSTRUCCIONES PRACTICAS PARA CONSTRUIR UNA PEQUEÑA PLANTA DE CIANURACION

Al minero de veta en pequeña escala se le presenta con frecuencia el problema de construir una modesta instalación de cianuración que le permita beneficiar los residuos de sus minerales. Para este caso y para el bastante común de elaborar viejos depósitos de arenas, de tonelaje reducido, vamos a dar en seguida instrucciones sencillas, prácticas y desprovistas de todo tecnicismo inconducente.

Damos por sentado que el minero haya hecho los estudios preliminares de la adaptabilidad de sus arenas al tratamiento por cianuración; que conozca el tenor medio de ellas y, sobre todo, que haya efectuado cálculos **muy prudentes** de la faz económica del problema. Hay que descartar la ilusión que ha calado en el magín del minero de que el procedimiento de cianuración es adaptable a todos los minerales; que es algo misterioso que saca de donde no hay y que es la panacea para todas las dificultades que se presentan en el laboreo de los minerales complicados. La práctica enseña que es todo lo contrario.

En la construcción de la planta de que se trata, se pueden presentar tres casos:

a).—Planta para viejos depósitos de arenas en una mina que no se trabaja en la actualidad. Se supone que el minero sólo está inte-

resado en beneficiar lo existente sin pensar en los residuos que puedan producirse en lo futuro;

b).—Establecimiento para antiguos depósitos de arenas en una mina que se está trabajando en la actualidad;

c).—Instalación cuando sólo se piensa en tratar las arenas que vayan resultando de molinos que están trabajando.

Vamos a estudiar separadamente cada uno de los casos enumerados.

El industrial que pretenda construir una planta de cianuración para elaborar un depósito de arenas viejas calculará, ante todo, aunque sea aproximadamente, el tonelaje con que cuenta. Este factor determina, en gran parte, la capacidad de la instalación. Del producto bruto del tratamiento de sus residuos debe sacar el minero, entre otras cosas, el valor total de su planta, ya que en la mayor parte de los casos los elementos empleados no son utilizables después de agotadas las arenas y es siempre prudente no contar con el valor de ellos al hacer los cálculos preliminares. De lo expuesto se desprende la conveniencia de calcular debidamente la planta de acuerdo con el tonelaje de residuos de que se disponga.

Deben tenerse presentes también estos factores: si la planta es demasiado pequeña para el volumen de residuos de que se dispone, los gastos de administración, que son prácticamente los mismos para un establecimiento grande que para uno pequeño, recargarán mucho el costo de beneficio, sin contar con que el oro que duerme en las arenas no produce interés y no está tan seguro en los depósitos como en el bolsillo del minero. La instalación pequeña, por su parte, tiene estas ventajas: **Primera.**—Para el individuo de muy escaso capital es una conveniencia ir sacando con qué ampliar su trabajo y procediendo con maña logra que su empresa se monte con sus propios recursos. **Segunda.**—Que los ensayos de tratamiento en pequeña escala no son absolutamente seguros y empezando en pequeño, se expone poco capital para el caso de que la práctica industrial no confirme lo indicado por las pruebas preliminares en escala reducida.

Si el empresario tuviere a su disposición varios depósitos de arenas vecinas, debe pensar que una planta bien construída puede ser empleada en todas ellas y trabajar sus arenas en serie, empezando por lo mejor, desde que desarme sus tanques de madera con cuidado para transportarlos.

En el caso de que existan arenas viejas y a la vez se estén produciendo nuevas, la instalación debe tener una capacidad tal que permita tratar lo que vaya resultando de los molinos sin dejar coger ventaja —los residuos viejos son, por lo general, más refractarios que

los frescos— y a la vez ir beneficiando una fracción de lo ya depositado, hasta terminar con ello en un tiempo prudencial.

En el caso de que la planta sólo deba atender a lo que produzcan los molinos, se tendrán en cuenta las posibilidades futuras próximas de la empresa, instalación de nuevos molinos, por ejemplo, y se construirá el establecimiento de acuerdo con ellas. Pero el factor principalísimo en la determinación de la capacidad de una instalación de cianuración para un tonelaje mensual dado, es la duración total del tratamiento de cada carga. Esta duración está constituida por el tiempo necesario para llenar el depósito con arenas, para el lavaje preliminar —si fuere el caso— escurrida antes de aplicar la solución de cianuro, para el tratamiento disolvente propiamente dicho, escurrida final y lavaje definitivo y, para terminar, vaciada del tanque.

Cada empresa es un caso particular y es imposible dar la solución apropiada a cada problema sin conocer los factores.

Ante todo debe hacerse la elección del sitio apropiado. Este debe llenar los siguientes requisitos: estar cercano a los depósitos de arenas y más bajo que ellas para poder moverlas por gravedad; debe ser seguro en cuanto posibilidad de daños por caída de árboles, derrumbes y avenidas de agua; debe estar situado de tal manera que sea posible llevar agua para el descargue de los depósitos, preparación de las soluciones, lavado preliminar de las arenas, etc. Como las tinas de percolación o tratamiento, las cajas de precipitación y, en fin, el depósito de solución o sumidero deben quedar colocados en escala, de suerte que la solución de cianuro pueda moverse por gravedad, el terreno para la planta debe permitir construir banquetes a diversos niveles y tener consistencia suficiente para soportar, sin ceder, el peso de los tanques que es considerable.

Los lugares elegidos para colocar los depósitos deben drenarse y nivelarse; la posición relativa de ellos se ilustra en la figura 43.

Salvo casos excepcionales no es aconsejable construir las tinas de cemento, ladrillo o piedra revocada. Únicamente para los sumideros tienen esos materiales una ventaja nada despreciable, y es que como el nivel del líquido en ellos es esencialmente variable, en las vasijas de madera hay pérdida segura debida al desajuste de las duelas, que quedan en seco más o menos tiempo. Si el depósito se construyere de cemento o de algún material similar, este inconveniente quedaría obviado, pero es imposible utilizarlo en otro lugar porque no es susceptible de ser desarmado.

Tampoco son prácticos los tanques de madera de forma cuadrada o rectangular porque es muy difícil ajustarlos debidamente. Nos limitaremos en este estudio a las tinas cilíndricas de madera.



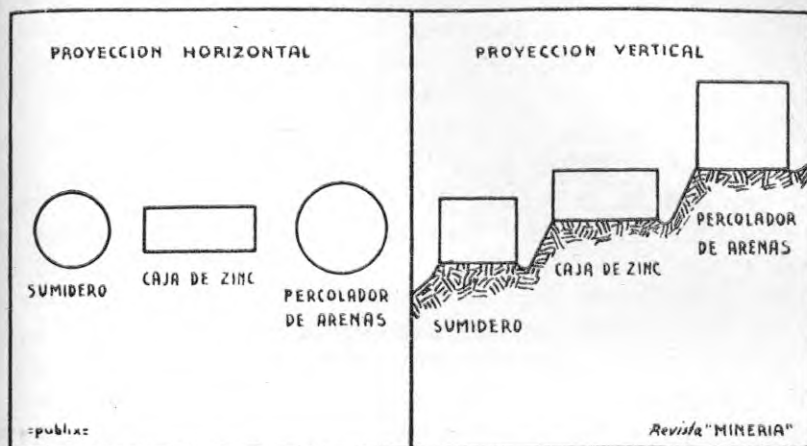


Fig. 48

La siguiente regla sirve para calcular con aproximación suficiente la capacidad de las tinajas cilíndricas en metros cúbicos o toneladas de solución; el producto del radio libre multiplicado por sí mismo se multiplicará a su vez por la cantidad constante 3.1416 (esta cantidad sirve para todos los casos) y este segundo producto se multiplica finalmente por la altura libre del tanque. El resultado final indica el número de metros cúbicos y fracciones de metro cúbico de que es capaz el depósito. Si este resultado se multiplica por 1.3 que es la densidad media de las arenas, se obtiene el peso total de la carga, considerándola seca, que es lo que importa, pues los ensayos de laboratorio rezan sobre mineral sin humedad.

La fórmula para calcular el volumen es  $\pi r^2 l$ . Siendo  $\pi = 3.1416$ ;  $r =$  el radio;  $l =$  altura libre del tanque. El peso se calcula multiplicando el volumen por la densidad de las arenas, que es aproximadamente 1.3.

Se entiende por radio libre la distancia del centro de la tina a las duelas, por la cara interior. Por altura libre la distancia de la superficie del filtro, en las tinajas de percolación, al borde del tanque, descontando el espacio que debe quedar libre para la capa de solución, que es generalmente de 35 centímetros. En los sumideros sí debe medirse toda la distancia desde el fondo.

Ejemplo: Cuál es la capacidad en metros cúbicos de una tina cilíndrica de 2 metros con 20 centímetros de radio libre y 1 metro con 50 centímetros de altura libre?

$2.20 \times 2.20 \times 3.1416 \times 1.50$  igual a 22.8 metros cúbicos. El peso de

la arena, si el tanque estuviere lleno de este material, sería:  $22.8 \times 1.3$  igual a 29 toneladas con 640 kilos.

Naturalmente la densidad de un material muy cargado de jaguas (piritas o sulfuros) es mayor que 1.30. También el grueso de los granos influye sobre la densidad de la arena, pero para residuos comunes y corrientes la cifra 1.30 está bien.

La selección de la madera apropiada para la construcción de tinajas es de suma importancia. Debe ser muy seca, libre de nudos, pasadores y hendiduras; sin fallas ni torceduras; más bien blanda que dura; sin mucha traba, fácil de trabajar y que permita un ajuste satisfactorio. Es importante que sea algo porosa y dilatable con la humedad, pues esta propiedad compensa la deficiencia inevitable en el ajuste. Que no se corrompa con mucha rapidez. Las variedades de cedro, sin contar el cabuyo, los laureles, el canelo, el tunoso o medio-comino, el aguacatillo y los cipreses son buenos; en cambio, el roble, el quimulá, el comino, los guayabos, el eucaliptus, no son apropiados, porque se dilatan muy poco al mojarse, son duros y pesados.

El ancho y grueso de las duelas para tanques no mayores de cuatro metros de diámetro deben ser seis y dos pulgadas, respectivamente. En rigor, para tinajas inferiores a dos metros de diámetro y de poca altura, se podría emplear madera de pulgada y media de grueso, pero la economía así obtenida quedaría balanceada y habría que añadir una pérdida segura por la deficiencia en el ajuste, que conduce siempre a escapes de solución enriquecida.

Los tablones para el fondo de la tina conviene obtenerlos con los mismos requisitos establecidos para las duelas y de una longitud tal que no sea preciso hacer empates o uniones y del mayor ancho posible, alrededor de 10 pulgadas. En caso de no poder evitar los empalmes, éstos se harán a mediamadera, con gran cuidado y, si es factible, que correspondan con uno de los soportes de madera que constituyen la base del tanque. Toda solución de continuidad, todo mal ajuste en una tina, es una probabilidad de pérdida de solución y esto por años y años.

No es preciso que la madera para soportes del tanque sea aserrada. Basta que sea de buena calidad, en cuanto a la resistencia a la humedad. Satisfacen vigas redondas de 7 a 8 pulgadas de diámetro medio, sin cáscara, y careadas a reglón y a hilo de modo que los tablones del fondo apliquen perfectamente sobre ellas. Hay que evitar a toda costa los empalmes.

Estas vigas se colocarán a nivel sobre una base o lecho de piedra, como en el caso de un entablado, a una distancia máxima de 18 pulgadas y paralelas.

Es innecesario cepillar las duelas y los tablonés de fondo por ambas caras. Basta con arreglarlas por una sola. Sobre esta superficie a regla y a cordal se aplicará el ángulo en el caso de las duelas y la escuadra cuando se trate de los tablonés de fondo.

Para calcular el número de piezas para duelas se procede así: se multiplica el radio de la tina, contando el grueso de la duela, por 6.28 (cifra que sirve para todos los casos) y el producto se divide por el ancho que se piense darle a la pieza. Conviene añadir un diez por ciento más del número de duelas que arroje el cálculo para reemplazar las unidades que resulten defectuosas al trabajarlas.

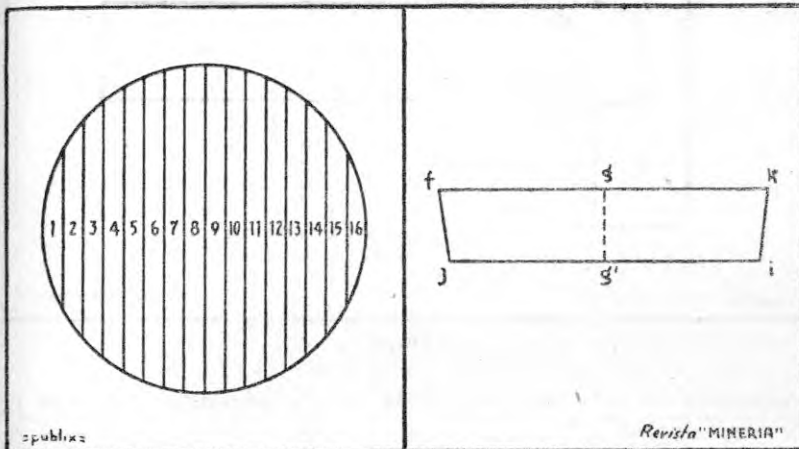


Fig. 44

Para computar el número y longitud de los tablonés de fondo se puede proceder así: con un radio igual al radio libre de la tina, más la longitud que entra en el fondo en la muesca de las duelas, y a escala, se traza un círculo sobre una superficie plana y unida. Sobre esta superficie se dibuja el tendido de tablonés empleando el ancho, con la misma escala, que se dará a aquéllos. En la fig. 44 puede verse que los tablonés números 7, 8, 9 y 10 difieren muy poco en longitud y pueden sacarse las cuatro piezas del largo mayor, es decir, de 4.04 metros. Los números 6 y 11 son iguales y se les debe dar una longitud igual al mayor largo, que es 3.90 metros y así con las demás piezas, dos a dos. De modo que la lista de tablonés sería en el caso del dibujo la siguiente:

4	tablones de	4.04	de longitud por	0.25	de ancho		
2	"	"	3.90	de	"	"	"
2	"	"	3.74	de	"	"	"
2	"	"	3.50	de	"	"	"
2	"	"	3.12	de	"	"	"
2	"	"	2.65	de	"	"	"
2	"	"	1.90	de	"	"	"

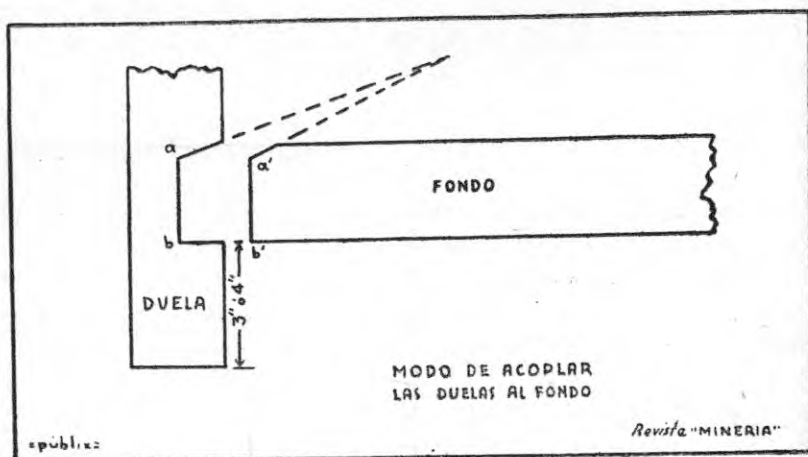


Fig. 45

Como la madera suele averiarse en los extremos, conviene hacer cortar los tablones con 15 centímetros más de la longitud que da el dibujo.

Es preferible clavar los tablones a las vigas del fondo y luego cortar el disco con la madera ya fija, que dar a las piezas, una por una, la forma definitiva. El despalme que se ilustra en la figura 45 se debe labrar con un cepillo en el fondo ya clavado. No es preciso hacer ensambles en los tablones; un ajuste cuidadoso es suficiente.

**Angulada de las duelas.**—Pueden emplearse dos métodos para trazar el ángulo de las duelas en una tina de diámetro dado:

**Primer método.** En un circulador de madera se toma una longitud igual al radio libre del tanque y se traza sobre una tabla bien cepillada un tramo de circunferencia; con un radio igual al anterior, más el grueso de la duela, se dibuja otro tramo de una circunferencia concéntrica a la primera. Fig. 46. En el punto que sirvió de centro al circulador se asegura una cuerda delgada, la cual hace las veces de radio, y teniéndola bien templada, se determinan arbitrariamente sobre la circunferencia los puntos *a* y *e*. Del punto *a*, en cualquier sen-

tido, sobre la circunferencia exterior, se lleva el ancho de la duela y se fija así el punto **d**. Se hace pasar por este punto la cuerda bien templada y con mucho cuidado se señala el punto **b**, que es aquel donde el hilo toca la circunferencia interior. Uniendo con trazos los puntos **a**, **d**, **b** y **e** se tiene la sección transversal de una duela. Aplicando la pieza gruesa del ángulo de carpintero sobre la línea **ad** que corresponde a la cara exterior de la duela, que debe estar cepillada y a codal y reglón, y ajustando la otra pieza del ángulo, bien sea a la línea **ae** o a la línea **db**, se obtiene el ángulo que debe emplearse para labrar todas las duelas.

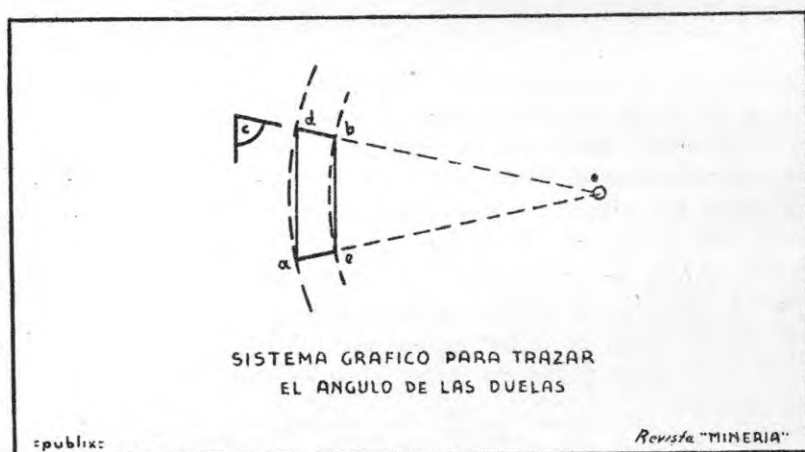


Fig. 46

**Segundo método.** Se calcula el número de duelas que llevará la tina dividiendo la circunferencia exterior de ella por el ancho de la duela; luego se divide la circunferencia interior por el número de duelas y se determina así el ancho interior de la duela.

Se elige una duela de las más sanas y de ancho igual al que se tomó como base para el cálculo anterior y se busca el centro **g** de la cara exterior y aplicando la escuadra en ella se traza la línea **gg'**, que viene a unir los centros de las dos caras. Fig. 44. A uno y otro lado de los centros señalados **gg'** se llevan distancias iguales a las mitades de los anchos correspondientes a las caras de la duela **gh-gf**, **g'i-g'j** y relacionando los puntos **hi**, **ij**, **if** y **fh** con líneas rectas se tiene la sección transversal de la duela, de la cual puede tomarse el ángulo para el trazo de todas las piezas. Naturalmente, el corte en la extremidad de la duela, sobre el cual va a hacerse el trazo, debe estar perfectamente a escuadra con el eje de ésta.



Ejemplo para una tina de 2 metros de radio libre y duelas de 15 centímetros de ancho y 5 centímetros de grueso:

Circunferencia exterior, igual a  $6.2832 \times 2.05$ , igual a 12.8805 m.

Número de duelas, 12.8805: 0.15, igual a 85.87 duelas.

Circunferencia interior,  $6.2832 \times 2$  igual a 12.5664 metros.

Ancho interior de la duela, 12.5664: 85.87 igual a 0.1463 metros.

Como se dijo atrás, no es indispensable cepillar las duelas por ambas caras; con la cara exterior basta. La pieza que se tome para determinar el ángulo debe ser de grueso medio. Este ángulo servirá para todas las duelas, cualquiera que sea el espesor que tengan, sólo que las de mayor grueso entrarán más hacia el interior de la tina. Lo importante es que al exterior no sobresalgan unas piezas más que otras.

La muesca o canal en las duelas para el enchufe del fondo se ilustra en la figura 45. Debe quedar a tres o cuatro pulgadas libres de la extremidad inferior de la duela para impedir que ésta se "desjarrete" al introducir el fondo a presión. El fondo de la canal afectará la curvatura del piso; se traza con una plantilla de tabla delgada y se labra con un formón. El ángulo en  $\alpha$  será ligeramente menor que el ángulo  $\alpha'$ , en el fondo, para que éste entre apretado y no haya escape de solución. El grueso entre el fondo de la canal y la cara exterior de la duela debe ser parejo para todas las duelas y por lo tanto el trazo debe partir de dicha cara exterior gramilando con el mismo grueso.

No es necesario al armar la tina marcar las duelas; cuando éstas están debidamente labradas caen bien en cualquier posición que se las coloque. Deben irse acomodando bien ajustadas a la vecina de manera que apoyen exactamente contra el fondo de la canal, afectando posición vertical. Al cerrar el perímetro, si no cabe duela completa, se terminará con una pieza labrada con el mismo ángulo.

Para hacer penetrar el fondo en la canal de las duelas se golpean éstas, al exterior, con un martillo pesado, interponiendo un pedazo de tabla para no lastimar la madera. De igual manera se procede para hacerlas arrimar lateralmente.

Los zunchos o anillos metálicos para abrazar las duelas y mantenerlas en posición, dando a la estructura la rigidez y la resistencia suficientes, se construyen comúnmente de hierro redondo de diámetro relacionado con el tamaño del tanque. Para tinas de uno y medio a dos y medio metros de radio, el hierro propio es el redondo de 5/8" de diámetro. Cada zuncho o anillo debe dividirse en cuatro secciones iguales, con rosca en cada extremidad. Las secciones se acoplan entre sí por medio de **candados** de hierro fundido, que se consiguen co-

orientemente en los talleres de fundición. Si el anillo se hiciera en una sola sección, para ahorrar tres candados, sería muy difícil, dada la rigidez del hierro, hacer que el zuncho aplique bien y regularmente a todas las duelas. En este caso, el frente opuesto al candado quedaría flojo, porque es prácticamente imposible, con dos tuercas solamente, arrastrar el hierro y deshacerle las arrugas y curvas.

La altura del depósito determina el número de **zunchos** que deben emplearse. Para una tina de dos metros de altura libre se necesitan cinco. La distribución de ellos debe hacerse como indica la figura 47. Existe un gráfico y una fórmula matemática para precisar la posición de los zunchos, pero éstos no están al alcance de la mayor parte de los mineros.

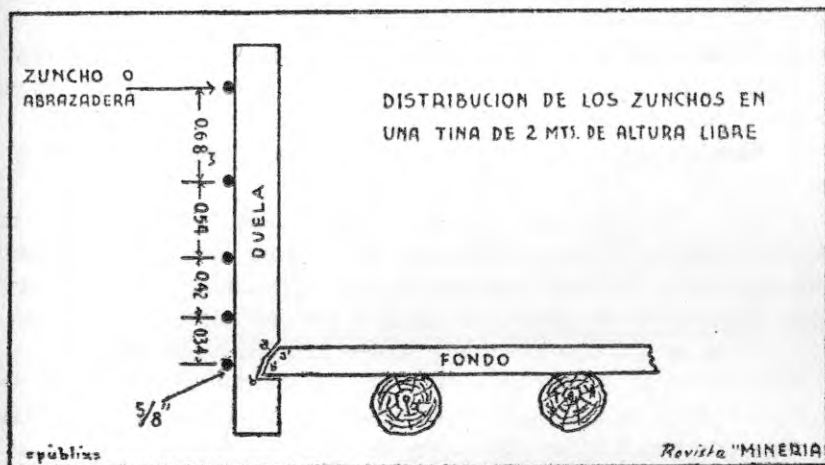


FIG. 47

Uno de los zunchos debe quedar siempre al frente del fondo, otro 6 cm. más abajo del borde superior del tanque. Los candados, en dos anillos próximos, se colocarán alternados: cada uno de aquéllos corresponderá a la mitad de una sección del anillo próximo, en la misma línea vertical. Se cuidará que cada sección del anillo tenga algo más de la longitud que arroja la circunferencia exterior del tanque dividida por el número de secciones. Debe añadirse a la longitud teórica de cada tramo el largo de un candado y 15 centímetros más.

Para acomodar los zunchos en el tanque se señalan primero, con un estantillón, los lugares donde deben quedar aquéllos. Se colocan los aros, sostenidos por clavos apuntados, y se atornillan las tuercas, cuidando de ir las apretando alternadas, en uno y en otro de

los candados y no en uno solo de una vez. Al mismo tiempo se van golpeando los zunchos en toda su extensión, en las partes que no aplican a las duelas, para deshacer las arrugas. Cuando las tuercas no ceden a un esfuerzo moderado de la llave y el anillo emita al golpearlo, una nota más bien alta, es el momento de no apretar más. Si se requintan demasiado los aros en un tanque, sobre todo si está construido con madera muy seca, es muy probable que se revienten al dilatarse las duelas con la humedad.

Mientras se aprietan los anillos deben acomodarse en su lugar las duelas que no estuvieren a reglón y que sobresalgan, bien sea hacia el interior o hacia el exterior. Se las golpeará interponiendo un pedazo de tabla, hasta encajarlas donde corresponda.

Si se notan desajustes en el fondo o donde éste enchufa en las duelas se pueden calafatear las aberturas con pabilo retorcido introducido a golpe de martillo con un cincel de boca despalmada en ángulo agudo, pero sin filo cortante. Es buena práctica pintar los aros, tuercas y roscas con breca caliente para evitar que se oxiden.

El **filtro** de las tinas de percolación puede construirse en tres formas distintas:

Primera: Se extiende sobre el fondo del depósito una capa regular, de cuatro pulgadas de espesor, de cascajo lavado compuesto de unidades de un volumen no mayor que el volumen de un grano de cacao. Este lecho de piedra se recubre con un disco de tapiz de cabuya, sacos de cabuya cosidos o gante fino. Al disco se le debe dar un diámetro ocho pulgadas mayor que el diámetro interior de la tina para doblar en ángulo recto el exceso y asegurarlo a los costados del depósito con varillas delgadas de madera flexible, clavañas con clavos de pulgada y media. El tubo de salida de la solución debe protegerse con un pedazo de malla metálica N° 4 para evitar que la piedra salga y entre a las cajas.

Segunda: Se construye un falso fondo de tablas de tres cuartos de pulgada de grueso sostenido por canes de dos pulgadas de espesor. Las tablas se perforarán con huecos de  $3/4''$ , a intervalos de  $3''$  y los orificios se relacionan entre sí con canales angulares de  $1/2''$  de profundidad. Sobre este falso fondo se tiende el filtro de cabuya, como se indicó arriba. Los canes no deben arrimar hasta el costado de la tina, es conveniente dejar un espacio libre de  $2''$ , y deben quedar orientados de tal suerte que la solución pueda circular libremente. Como con el tiempo es seguro que la arena pase a través del tendido de cabuya, es prudente construir este filtro en secciones para poderlo desarmar sin destruirlo, en caso de limpiar el fondo.

Tercera: El cascajo del filtro descrito en el numeral primero se

emplaza por una reja de madera compuesta de varillas de pulgada media de grueso por dos pulgadas de ancho, combinadas a media-pulgada, con el ancho verticalmente. La parte de la reja que debe descansar sobre el fondo de la tina llevará muescas en toda la extensión de las varillas y a cortas distancias, para asegurar la fácil circulación de la solución. Esta reja se debe construir también en secciones para facilitar el aseo del fondo. El filtro de cabuya se coloca, como ya se indicó, para los casos anteriores.

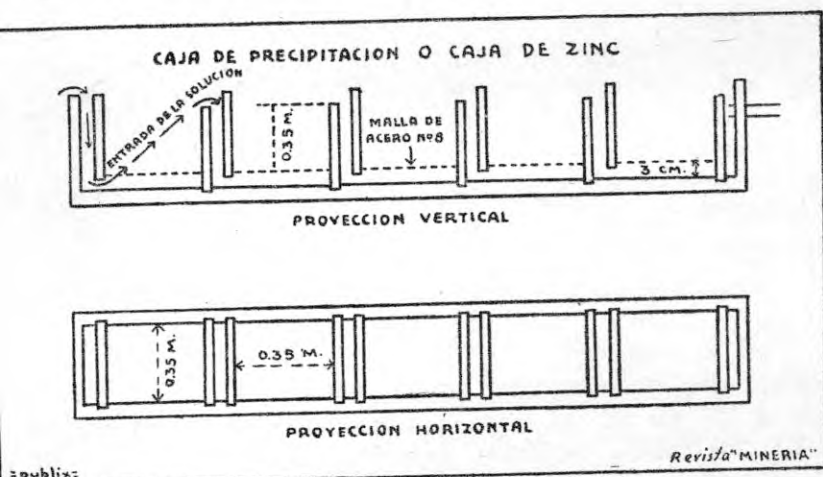


Fig. 48

La caja de precipitación está bien ilustrada en la fig. 48. Deben emplearse tabloncillos de una y media a dos pulgadas de espesor asegurados con tornillos golosos y reforzada la construcción con tornillos de media pulgada para tuercas. La malla para los filtros debe ser de hierro o acero N° 8, es decir de 8 huecos por pulgada lineal. Para la extracción del precipitado fino, al lavar la caja, se hará uso de perforaciones redondas, laterales, a nivel del fondo. Cuando la caja trabaja con solución, dichas perforaciones se tapan con tarugos de madera.

Dos por ciento es desnivel suficiente entre las extremidades de la caja. Esta debe quedar protegida con una buena tapa asegurada con candados y no es exceso de seguridad colocarla en una pieza cerrada.

El tanque de solución se construye con los mismos procedimientos detallados para el tanque de percolación. Su capacidad, naturalmente, debe ser menor. Generalmente se adopta esta proporción:  $1/2$  a  $1/3$  del volumen de la arena en el percolador o  $1/4$  a  $4/10$  de la

arena por peso. En todo caso, es prudente no extremar la cosa por lo bajo y tener capacidad amplia. **El sumidero** puede hacerse de mayor altura, proporcionalmente, al diámetro del percolador.

Para el movimiento de la solución del percolador a la caja, de ésta al sumidero y la vuelta del líquido a las arenas, se puede emplear tubo de pulgada y media de diámetro libre, con una llave de contención, de hierro, inmediatamente después del tanque de arenas.

Para elevar la solución del sumidero a las arenas puede emplearse una bomba rotatoria de hierro movida bien sea a mano o con fuerza mecánica. También es buena práctica una bomba de pistón construida con un tubo de hierro de 4" ó 5" —un cilindro de los que vienen con ácido carbónico es muy apropiado— o con un tubo de madera. Nuestros mineros son muy hábiles en la construcción de esta clase de bombas y no hay para qué entrar a detallar. Naturalmente, la bomba de pistón se moverá a brazo, pues de otro modo se hace complicado el mecanismo.

El descargue de las arenas empobrecidas o tratadas se hace por una puerta cuadrada perforada en el costado de la tina y a nivel del filtro. Una abertura de 8" por 8" es suficiente. Se tapa, cuando la arena está en tratamiento, con un cuadro de tablón de 2" de espesor y 10" por 10" de lado, afianzándolo a las duelas con tornillos de 3/4", de cabeza cuadrada, embutida en ellas por el interior para que no giren al atornillar las tuercas que van al exterior y que aprietan la puerta, que a su vez está provista de un empaque de medio-cosido para evitar el escape de solución. Siempre es prudente, antes de empezar a llenar el depósito, calafatear la tapa con un pedazo de greda ceruda, por la parte de adentro.

Tanto la caja de precipitación como el tanque de tratamiento y el sumidero deben sufrir un lavaje con agua corriente antes de iniciar el trabajo de beneficio de arenas. El objeto de este lavaje es disolver las gomas, taninos y demás sustancias vegetales que se encuentran en la madera y que son destructoras de cianuro. Se hace pasar agua por estos aparatos por espacio de ocho o diez días, en seguida se vacian y se lavan los fondos y paredes con un gante o cepillo de raíz. El lavaje del tanque de percolación se hará antes de colocar el filtro.

Todo lo expuesto peca por detallado y minucioso y está por demás cuando se encuentra un carpintero hábil que tenga práctica suficiente en el ramo. El interesado debe siempre vigilar de cerca los detalles de la construcción de su planta y no entregarse a ojos cerrados.



La planta estudiada es la más sencilla que suele emplearse para el tratamiento de arenas comunes y corrientes. Para casos complicados, que se salgan de la rutina, debe el minero emplear a un experto para planearla.

#### ENVENENAMIENTO CON CIANURO

**Toxicidad del cianuro de sodio.**—Todos los cianuros alcalinos son eminentemente venenosos. Esta característica la deben al ácido cianhídrico que se produce al reaccionar con los ácidos que contienen hidrógeno básico. Este cuerpo es sumamente volátil y se desprende de sus combinaciones con los álcalis bajo la acción de casi todos los ácidos usuales, incluso los orgánicos, tales como el cítrico, el oxálico, el tartárico, etc. La reacción típica es la siguiente:

$\text{NaCN} + \text{HCl} = \text{NaCl} + \text{HCN}$ , es decir: cianuro de sodio, más ácido clorhídrico, producen cloruro de sodio, más ácido cianhídrico.

Al introducir ácido cianhídrico en el organismo, bien sea por la vía gástrica, por las vías respiratorias o por las mucosas, se produce rápidamente la paralización de los centros nerviosos respiratorios y sobreviene la muerte en pocos minutos. No se puede fijar con precisión la dosis mortal de este veneno, pues su acción depende en parte de la naturaleza del individuo, su edad, su salud, etc. Un hombre robusto puede soportar una dosis mayor que un niño; un cardíaco resiste menos que un hombre sano; un sujeto cuyo estómago esté ácido por enfermedad o por otro motivo, al ingerir el veneno, está más expuesto que una persona con estómago normal. En todo caso, **un decigramo de cianuro de sodio puede ser fatal para un hombre si no se le trata rápida y debidamente.**

**Cómo pueden ocurrir los envenenamientos con cianuro.**—En las cianuraciones pueden presentarse estos casos de intoxicación con cianuro: a) por ingestión de soluciones de trabajo o de cianuro sólido; b) por inhalación de ácido cianhídrico proveniente de la descomposición de cianuro por causas diversas. Estudiemos aparte cada uno de estos casos.

Las soluciones de cianuro tienen un sabor amargo nauseabundo, de suerte que es imposible ingerirlas sin darse cuenta de ello. Lo mismo sucede con el cianuro sólido. Una solución de trabajo, digamos al 2 por mil, que es usual, contiene 2 gramos de cianuro sólido por litro, de suerte que con sólo 100 centímetros cúbicos de líquido que se tomen se recibe una dosis que puede ser fatal si no se procede a tiempo.

Cuando se maneja cianuro sólido para reforzar las soluciones se debe proceder con sumo cuidado, especialmente cuando hay que

romper bloques grandes a martillo. Es muy posible que al golpear los panes de cianuro salten pequeños fragmentos y se alojen en los dobleces de la ropa y luego caigan sobre los alimentos, etc. También pueden llegar a los ojos donde no dejan de ser peligrosos.

Algunos cianuradores se vuelven **sacristanes** con elemento tan peligroso como es el cianuro. Depositán las cajas mal cerradas en los dormitorios o lugares donde permanecen mucho tiempo. Pues han de saber que esta práctica es sumamente nociva porque acarrea un envenenamiento crónico que se manifiesta por debilidad nerviosa, impotencia sexual, mareos, vértigos, etc.

En la práctica que tienen algunos, en su afán de juzgar de la riqueza de los precipitados, de atacar una muestra con ácido sulfúrico o clorhídrico, hay un peligro real: en esta operación hay siempre desprendimiento de ácido prúsico y cuando en el precipitado existe algún compuesto de arsénico, se desarrolla hidrógeno arseniado aún más tóxico que el ácido hidrocianico. De modo que nunca deben atacarse precipitados con ácido sino en un lugar muy ventilado y el operador debe esquivar los vapores que se desprenden de la reacción.

Al lavar las cajas de precipitación se debe desalojar previamente la solución de trabajo antes de emprender el manipuleo de las virutas. Si se tienen heridas o escoriaduras en las manos se deben tocar con tintura de yodo antes y después de la lavada, usar guantes de caucho o cubrirlas con colodión o barniz.

**Síntomas de los envenenamientos con cianuro.**—En el envenenamiento por la vía gástrica se producen inmediatamente vértigos, mareos, convulsiones, dificultad para respirar, asfixia y coma. Se percibe un sabor amargo en el paladar y la garganta, esto aun aspirando los vapores de cianuro. Más o menos, estos síntomas aparecen en la intoxicación con el ácido prúsico.

Si bien es verdad que en la calcinación de los precipitados de cianuración no se desprenden vapores venenosos, sí ocurre que a ciertos individuos propensos o afectados de asma les produce un ataque fuerte la enfermedad el aspirar los humos y polvos provenientes de la tostión de cianurados. Tal vez sea un caso de alergia.

Algunos sujetos muy sensibles sufren de una erupción cutánea cada vez que se ponen en contacto con soluciones de cianuro. Estos individuos no deben trabajar en plantas de cianuración porque estas erupciones pueden degenerar, a la larga, en úlceras difíciles de sanar.

Hemos visto varios casos de cólicos nefríticos o cosa muy parecida, por los síntomas, ocurridos a individuos que han trabajado varias horas continuas en la lavada de cajas de precipitación.

Las heridas en la piel se vuelven muy rebeldes para sanar si se ponen en contacto con cianuro.

### Cómo se deben tratar los envenenamientos con cianuro

Primero que todo se debe vaciar el estómago del paciente haciéndolo vomitar, tocándole el paladar con los dedos, con una pluma, una paja, etc. Si hay modo, lo mejor es bombear el contenido del estómago, pero esto sólo está al alcance de un experto.

Alcalinizar el estómago con magnesia calcinada, agua de cal; en último caso con jabón y hacer vomitar de nuevo.

Dar a aspirar al paciente amoníaco o sales amoniacaes.

Suprimir todo lo que pueda dificultar la respiración. Procurarle aire fresco. No dejarlo enfriar.

Si se tratare de un envenenado por inhalación con ácido prúsico se debe remover el paciente al aire libre y hacerle aspirar amoníaco.

En toda cianuración se debe tener a la mano el contraveneno más efectivo para el cianuro, que es el **hidrato ferroso** recientemente precipitado. Este reactivo obra fijando el ácido cianhídrico en forma insoluble. Se prepara mezclando cantidades equivalentes, químicamente hablando, de soda cáustica y sulfato ferroso. Las proporciones son: 10 gramos de sulfato ferroso y 3 gramos de soda cáustica. Estos reactivos se disuelven separadamente en agua y se conservan en frascos cerrados herméticamente. En el momento de usarlos se mezclan rápidamente los dos líquidos, se agita bien y se propina al paciente la colada que resulta. Este antídoto es un poco complicado de preparar y es preferible comprarlo ya listo, es decir, los dos frascos con sus dosis apropiadas. Después de preparada la mezcla el antídoto se conserva muy poco tiempo y a las pocas horas se vuelve inefectivo. Los dos frascos deben tener las instrucciones para el uso, escritas muy claramente y estar al alcance del personal, que a la vez debe estar enterado de su empleo en caso de accidente. Además del antídoto de que venimos hablando no debe faltar una cantidad de magnesia calcinada. Resumiendo, se debe proceder, en caso de envenenamiento con cianuro, con la **mayor rapidez posible, pues todo depende de minutos.**

**Efecto del cianuro sobre los animales domésticos.**—Los animales domésticos son muy susceptibles al envenenamiento con cianuro. El ganado vacuno persigue con avidez esta sustancia, tal vez por su afición a los cuerpos salinos. El animal envenenado muere rápidamente y casi nunca producen efecto los antídotos desde que la dosis de tóxico ingerido sea elevada. Lo único efectivo es prevenir. Alejar los animales de los lugares donde puedan encontrar el veneno.

## CAPITULO VIII

### MEDIDA O AFORO DE LAS AGUAS

Describiremos a continuación, de manera clara y sencilla y al alcance de toda persona que tenga conocimientos generales de aritmética, los tres sistemas más comunes y prácticos empleados en la medida o aforo de aguas.

Los métodos que detallaremos relacionados con el aforo o medida de la descarga (volumen de agua por unidad de tiempo) de quebradas, arroyos, etc., etc., son los siguientes:

- 1º El método directo o de recipiente;
- 2º El método de flotador o de la velocidad del agua;
- 3º El método de compuerta u orificio.

**Método directo o de recipiente.**—Este es un sistema bastante exacto y a la vez el más sencillo, pero es práctico únicamente para la medida de muy pequeños caudales de agua. Consiste en hacer derramar toda el agua del canal o conducto a un recipiente bien ajustado, que no permita la salida del agua, y cuyo volumen pueda conocerse exactamente, determinando al propio tiempo por medio de un cronómetro, o en su defecto con un reloj, el tiempo gastado para llenar completamente el recipiente.

Conocidos los dos factores, es decir, el volumen del recipiente y el tiempo necesario para llenarlo, es fácil deducir el volumen o cantidad de agua del arroyo, así: se divide el volumen encontrado, en decímetros cúbicos, por el tiempo, en segundos, empleado en llenar el recipiente. Esta operación dará directamente la descarga en litros por segundo.

Si se desea el dato en galones por minuto bastará multiplicar los litros por el factor 15.852. Para reducir los litros por segundo a pulgadas mineras (U. S.) se multiplicará por 1.555. Si se quiere el resultado en pies cúbicos por minuto se multiplican los litros por 2.12. La fórmula empleada es la siguiente:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Q = descarga en litros por segundo.

V = volumen en decímetros cúbicos.

t = tiempo en segundos.

Ejemplo: Se quiere saber la descarga de un arroyo que en 70 segundos llenó un recipiente cuyas dimensiones son: 1.70 m. de largo, por 0.85 m. de ancho, por 1.40 m. de profundidad. Aplicando la fórmula y teniendo en cuenta que el volumen V es igual al producto de las tres dimensiones tendremos:

$$Q = \frac{17 \times 8.5 \times 14}{70} = 28.9 \text{ litros por segundo.}$$

**Método de flotador o de la velocidad del agua.**—Este método suele emplearse generalmente en la práctica aun cuando sus resultados no son rigurosamente exactos. Consiste en determinar la velocidad del agua y la sección del arroyo o canal; multiplicando estos dos factores entre sí se obtiene la descarga. En las acequias o acueductos de sección más o menos regular e inclinación uniforme el trabajo se facilita mucho.

Se procede así para el cálculo de la sección (sección media): Se toma un trayecto del cauce o canal de unos 20 m. de longitud, escogiendo la parte que ofrezca una sección lo más uniforme posible y se determinan secciones transversales a intervalos iguales, cada 5 m., por ejemplo. Para obtener el área de una sección parcial basta multiplicar el ancho por la profundidad media (véase fig. 49). La profundidad media para cada sección se obtiene midiendo a intervalos iguales la altura del agua, desde el suelo; luego se suman todas estas medidas y su resultado se divide por el número de alturas. Para el caso de la figura 49 sería así:

$$\text{Profundidad media} = \frac{A + B + C + D + E + F + G}{7} = M$$

$$\text{Sección transversal} = M \times N = A$$

De idéntica manera se procederá para la determinación de las secciones restantes. Una vez obtenidas éstas se suman y se divide su resultado por el número de secciones consideradas, obteniéndose de esta manera la sección media deseada. Así, en nuestro caso, supone-



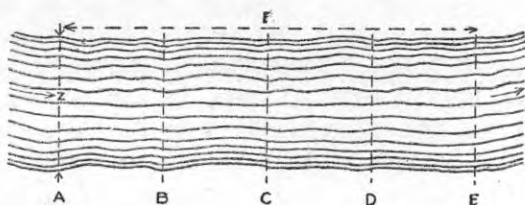
mos que buscamos cinco secciones, cuyas áreas respectivas fueron: A, B, C, D y E.

$$\text{Sección media} = \frac{A + B + C + D + E}{5}$$

La velocidad del agua se mide por medio de diferentes aparatos. Sin embargo, en el campo en donde se carece de estos instrumentos, puede procederse así: Se arroja un flotador a la corriente (puede emplearse como flotador un corcho, un trozo de madera liviana, etc.) y se determina con un cronómetro (podría emplearse igualmente un reloj que marque segundos) el tiempo empleado por el flotador para recorrer el trayecto de 20 metros de longitud antes señalado. Este trabajo del flotador deberá repetirse cuidadosamente varias veces, con el fin de encontrar un dato lo más aproximado posible. Así por ejemplo, si se tomaron cinco tiempos que dieron respectivamente 3.4, 3.8, 4.0, 8.0 y 3.5 segundos, el verdadero tiempo será:

$$\frac{3.4 + 3.8 + 4.0 + 3.5}{4} = 3.67 \text{ segundos}$$

El cuarto tiempo, o sea 8, deberá suprimirse y así se hizo, pues indudablemente tanta demora fue ocasionada por alguna irregulari-



### SECCION POR A

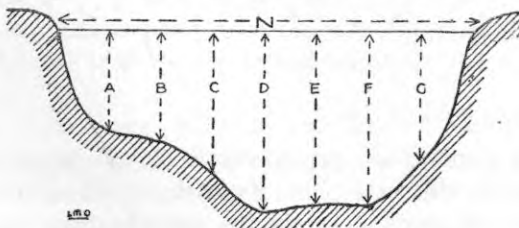


Fig. 49

dad, un obstáculo o un remolino, por ejemplo. Conocido el tiempo espacio dividido por el tiempo ( $V = l/t$ ); en nuestro caso, el espacio es 20 m. y el tiempo 3.67 segundos; entonces: procedemos a calcular la velocidad, sabiendo que ésta es igual al

$$V = \frac{l}{t} = \frac{20}{3.67} = 5.45 \text{ m. por segundo}$$

La velocidad así obtenida, que es la superficial, deberá multiplicarse por 0.8 para obtener la verdadera velocidad media del agua:

$$5.45 \times 0.8 = 4.36 \text{ m. por segundo.}$$

Conocidos ya los datos, **sección media y velocidad** del agua, se multiplicarán entre sí y se obtendrá directamente la descarga en litros por segundo.

La fórmula es la siguiente:

$$Q = S \times v$$

Q = descarga en litros por segundo.

S = sección media en metros cuadrados.

v = velocidad en metros por segundo.

Ejemplo:

Sea el espacio medido = 20 metros.

El tiempo gastado por el flotador = 35 segundos.

$$\text{La velocidad será} = \frac{20}{35} = 0.57 \text{ metros por segundo.}$$

Este dato, como vimos antes, viene a ser únicamente la velocidad superficial del agua. La velocidad real o velocidad media será:

$$0.57 \times 0.8 = 0.456 \text{ metros por segundo.}$$

Se miden luego las diferentes secciones parciales con el fin de calcular la sección media. Supongamos los siguientes datos para las diferentes secciones parciales:

Sección A, Ancho = 1.2 m.

Profundidad media = 0.60 m.

$$\text{Area} = 1.2 \times 0.60 = 0.72 \text{ m}^2$$

Sección B, Ancho = 1.1 m.

Profundidad media = 0.5 m.

$$\text{Area} = 1.1 \times 0.5 = 0.55 \text{ m}^2$$

Sección C, Ancho = 1 m.  
 Profundidad media = 0.55 m.  
 Area =  $1 \times 0.55 = 0.55 \text{ m}^2$

Sección D, Ancho = 1.15 m.  
 Profundidad media = 0.65 m.  
 Area =  $1.15 \times 0.65 = 0.747 \text{ m}^2$

$$\text{Area media} = \frac{0.72 + 0.55 + 0.55 + 0.747}{4} = 0.6418 \text{ m}^2$$

Aplicando la fórmula, puesto que ya conocemos la **sección media y la velocidad del agua**, tendremos:

$$Q = 0.6418 \times 0.456 = 0.29266 \text{ m}^3/\text{seg.} = 292.66 \text{ litros por segundo.}$$

**Método de compuerta u orificio.**—Para el aforo de aguas por este sistema se alista previamente una compuerta de madera, cuyo boquete, u orificio según el caso, bien puede tener una sección rectangular, triangular, etc. Nos ocuparemos únicamente de la sección rectangular para facilitar los cálculos. El boquete de la compuerta deberá tener una longitud aproximada a las dos terceras partes del ancho total del cauce del arroyo y sus bordes deberán estar bien biselados hacia adentro.

La compuerta deberá colocarse normalmente a la corriente, en forma de escuadra con el agua y completamente nivelada. Es indispensable que toda el agua del canal pase por el orificio de salida o boquete de la compuerta. Una vez colocada ésta deberá medirse muy cuidadosamente la altura que el agua alcanza sobre la cresta o base del boquete. Esto no es conveniente hacerlo muy cerca al orificio de salida de la compuerta, porque en este lugar el nivel del agua se deprime un poco a causa de la velocidad de salida.

La altura del agua se mide muy exactamente y con facilidad clavando una estaca en el cauce y dentro del agua, a distancia de la compuerta, en un lugar en donde el agua esté tranquila. La cabeza de la estaca deberá cortarse muy bien a escuadra y clavarse luego en el sitio indicado, hasta quedar la cabeza completamente a nivel con la cresta o borde inferior de la compuerta. Hecho esto bastará colocar sobre la estaca una regla graduada y leer directamente la altura mojada, en milímetros.

La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$Q = n \times l$$

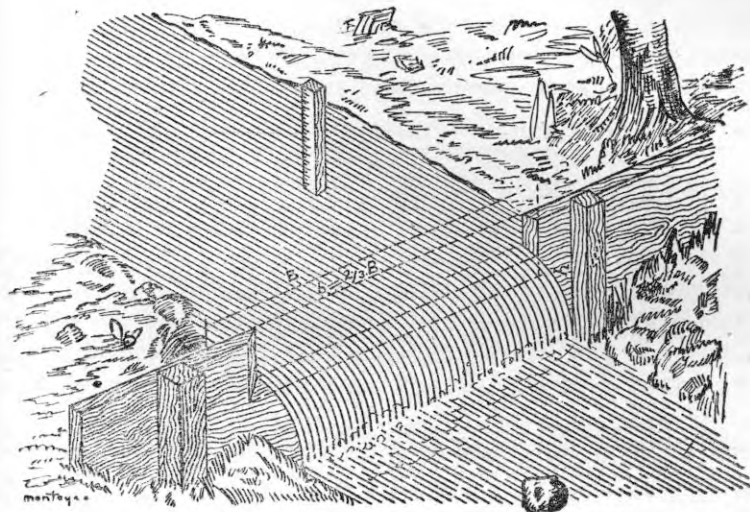


Fig. 50

$Q$  = descarga en litros por segundo.

$n$  = valor o coeficiente de la tabla que se inserta, para una altura dada (en milímetros).

$l$  = longitud del boquete en centímetros.

Ejemplo:

Se desea saber la descarga de un arroyo para lo cual se utilizó una compuerta de sección rectangular de 90 centímetros y sabiendo que el agua alcanzó una altura de 30 centímetros sobre la cresta del boquete.

Como la altura del agua fue de 30 centímetros, es decir, 300 milímetros, buscamos en la tabla el factor correspondiente a 300, o sea 2.947. (Véase la tabla). Ahora basta aplicar la fórmula:

$$Q = 2.947 \times 90 = 265.23 \text{ litros por segundo.}$$

## T A B L A

para calcular el factor n de la fórmula

Altura en m. m.	Factor n	Altura en m. m.	Factor n	Altura en m. m.	Factor n	Altura en m. m.	Factor n	Altura en m. m.	Factor n
2	0.001	102	0.584	202	1.628	302	2.976	402	4.570
4	0.004	104	0.601	204	1.652	304	3.005	404	4.604
6	0.008	106	0.619	206	1.676	306	3.034	406	4.638
8	0.012	108	0.636	208	1.700	308	3.063	408	4.672
10	0.018	110	0.655	210	1.725	310	3.094	410	4.707
12	0.023	112	0.672	212	1.750	312	3.123	412	4.741
14	0.030	114	0.690	214	1.775	314	3.154	414	4.775
16	0.036	116	0.708	216	1.800	316	3.185	416	4.810
18	0.043	118	0.727	218	1.825	318	3.216	418	4.845
20	0.051	120	0.745	220	1.851	320	3.246	420	4.880
22	0.058	122	0.764	222	1.876	322	3.276	422	4.915
24	0.066	124	0.783	224	1.901	324	3.306	424	4.950
26	0.075	126	0.802	226	1.926	326	3.337	426	4.985
28	0.084	128	0.821	228	1.952	328	3.368	428	5.020
30	0.093	130	0.840	230	1.978	330	3.400	430	5.055
32	0.102	132	0.860	232	2.004	332	3.431	432	5.090
34	0.112	134	0.879	234	2.030	334	3.461	434	5.126
36	0.122	136	0.899	236	2.056	336	3.491	436	5.162
38	0.133	138	0.919	238	2.082	338	3.523	438	5.198
40	0.143	140	0.939	240	2.108	340	3.555	440	5.234
42	0.154	142	0.959	242	2.134	342	3.585	442	5.270
44	0.165	144	0.979	244	2.161	344	3.616	444	5.305
46	0.177	146	1.000	246	2.188	346	3.648	446	5.341
48	0.188	148	1.021	248	2.215	348	3.680	448	5.377
50	0.200	150	1.042	250	2.241	350	3.713	450	5.414
52	0.212	152	1.062	252	2.268	352	3.745	452	5.450
54	0.225	154	1.083	254	2.295	354	3.776	454	5.486
56	0.237	156	1.104	256	2.322	356	3.808	456	5.522
58	0.250	158	1.126	258	2.349	358	3.841	458	5.557
60	0.263	160	1.147	260	2.376	360	3.873	460	5.594
62	0.276	162	1.169	262	2.404	362	3.905	462	5.631
64	0.290	164	1.191	264	2.432	364	3.937	464	5.668
66	0.304	166	1.213	266	2.460	366	3.970	466	5.705
68	0.318	168	1.234	268	2.487	368	4.002	468	5.742
70	0.332	170	1.257	270	2.515	370	4.035	470	5.779
72	0.346	172	1.279	272	2.544	372	4.067	472	5.816
74	0.360	174	1.301	274	2.571	374	4.100	474	5.853
76	0.375	176	1.324	276	2.599	376	4.133	476	5.890
78	0.390	178	1.346	278	2.628	378	4.167	478	5.926
80	0.405	180	1.369	280	2.656	380	4.200	480	5.963
82	0.421	182	1.392	282	2.684	382	4.233	482	6.000
84	0.436	184	1.415	284	2.712	384	4.266	484	6.037
86	0.452	186	1.438	286	2.740	386	4.300	486	6.074
88	0.468	188	1.461	288	2.769	388	4.333	488	6.112
90	0.484	190	1.485	290	2.800	390	4.366	490	6.150
92	0.500	192	1.508	292	2.829	392	4.400	492	6.188
94	0.516	194	1.532	294	2.858	394	4.434	494	6.226
96	0.533	196	1.555	296	2.888	396	4.468	496	6.264
98	0.550	198	1.580	298	2.917	398	4.502	498	6.302
100	0.567	200	1.604	300	2.947	400	4.536	500	6.340



## TRAZADO DE ACEQUIAS

Insertamos a continuación el estudio sobre trazado de acequias elaborado por el doctor Tulio Ospina Pérez, especialmente para la revista "MINERÍA", órgano de la **Asociación Colombiana de Mineros**. Este capítulo sobre acequias forma parte de las notas que sobre "Minería Hidráulica" se han publicado en "MINERÍA".

El bajo costo de las acequias comparado con el de las líneas de tubería, hacen que las más de las veces se prefieran aquéllas a los otros sistemas de acueducto. Sin embargo, las condiciones topográficas de nuestros terrenos y la naturaleza de nuestros suelos, han demostrado que es prácticamente imposible sostener sin daños y sin serias interrupciones en el trabajo de las minas, largas acequias destinadas a transportar grandes cantidades de agua. Razones de economía, o mejor dicho, la falta de capital obliga muchas veces a la construcción de estas acequias de gran magnitud, pero cuando quiera que ocurran debe ponerse el mayor cuidado en construirlas con la solidez que exigen.

Determinado el punto en el río, quebrada o arroyo, de donde han de tomarse las aguas se procederá a hacer el trabajo del trazado de la acequia. Los empresarios acomodados que pueden pagar los servicios de un ingeniero, deben hacer ejecutar un trazado completo y dibujar un plano topográfico. El dinero que se gaste en el estudio minucioso de una acequia es dinero muy bien invertido, porque este estudio permitirá utilizar todos los recursos de la ingeniería para hacer que la acequia reúna las tres condiciones básicas de solidez, pérdida mínima de caída y menor longitud posible entre la toma del agua y el tanque de presión. Estos recursos son la construcción de túneles en terreno firme para hacer importantes acortamientos en la acequia; la construcción de sifones invertidos para cruzar grandes depresiones del terreno, evitando también alargamiento de la acequia, y finalmente, la construcción de encajonados de madera, que aun cuando por regla general son poco recomendables, hay casos excepcionales en los cuales su colocación evita inconvenientes y reduce el costo de la acequia.

Cuando no se puede disponer de un ingeniero, el minero práctico sin profundos conocimientos, podrá trazar la acequia sin gran dificultad, por el siguiente y sencillo método que no requiere como instrumentos sino una regla de 5 metros de largo y un nivel de carpintero.

Lo primero que se hace es determinar la velocidad que debe dársele al agua en la acequia, velocidad que depende de la naturaleza del terreno y de la cantidad de agua que se va a transportar. Esta velocidad se obtendrá dándole a la acequia determinada pendiente,

y de ello trataremos más adelante, volviendo ahora a ocuparnos de la forma en que debe hacerse el trazado. Supongamos que hechos los cálculos resultare que para obtener la velocidad más conveniente del agua en la acequia hay que darle a ésta una pendiente del 3 por mil, es decir, 3 milímetros por cada metro o 3 centímetros por cada 10 metros de acequia.

Se marca con una estaca, que debe quedar a flor de tierra, el punto contiguo a la toma del agua del cual ha de arrancar la acequia. Sobre esta estaca, que debe tener una superficie plana para que la regla descansa fácilmente sobre ella, se coloca la regla de 5 metros de largo y se busca nivel con otro punto del terreno. Fig. 51.

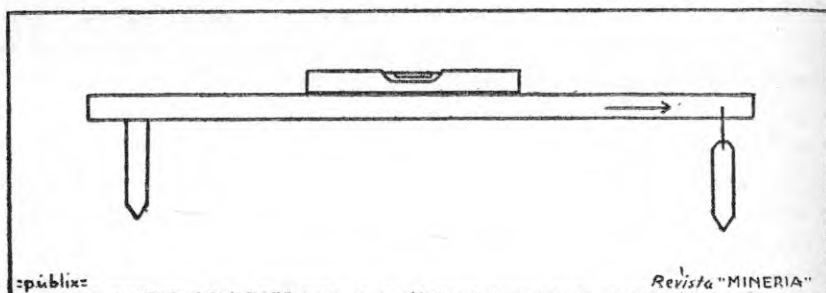


Fig. 51

La regla tiene en uno de sus extremos un clavito o puntilla que sobresale de ella el número de milímetros o centímetros que correspondan a la pendiente o caída que se le dará a la acequia en cada trayecto de 5 m. En el caso que contemplamos, la pendiente debe ser de 3 por mil, tres milímetros por cada metro, o uno y medio centímetros para 5 metros; entonces la puntilla que se coloca en uno de los extremos de la regla debe sobresalir  $1\frac{1}{2}$  centímetros. Colocando el extremo de la regla que no tiene clavo sobre la primera estaca y el extremo que tiene el clavo sobre otra estaca distante a 5 metros de la primera y buscando la horizontal con el nivel del carpintero, tendremos entre estas dos estacas la diferencia del nivel equivalente a la longitud del clavo o sea 1.5 centímetros, y si construimos este trayecto de acequia de manera que el plan de ella quede a hilo con la parte superior de las dos estacas, tendremos una acequia con una pendiente de 3 por mil. La operación se continúa colocando estacas de 5 en 5 metros, siempre a flor de tierra, o sea siguiendo la rasante del terreno, y dándole nivel a estas estacas con el nivel del carpintero, poniendo especialísimo cuidado en no invertir la regla, porque en tal caso la pendiente quedaría contraria. El extremo de la re-



gla que tiene el clavo, al hacer la nivelación o trazado del primer trayecto de 5 metros, debe quedar sobre la estaca número 2; al nivelar el segundo trayecto sobre la estaca número 3 y así sucesivamente siguiendo el orden de numeración de las estacas de la toma al tanque, es decir, la número 1 será la primera estaca que se clave en el sitio contiguo a la toma, de donde debe arrancar la acequia.

El trazado seguirá el contorno del terreno. Al estudiar el trazado se verá cuáles son los lugares indicados para construir túneles, sifones o mampuestos con el fin de reducir la longitud de la acequia; pero téngase presente que estas obras sólo se justifican para obtener acortamientos muy apreciables o para evitar terrenos muy malos para construir acequia abierta. Fig. 52.

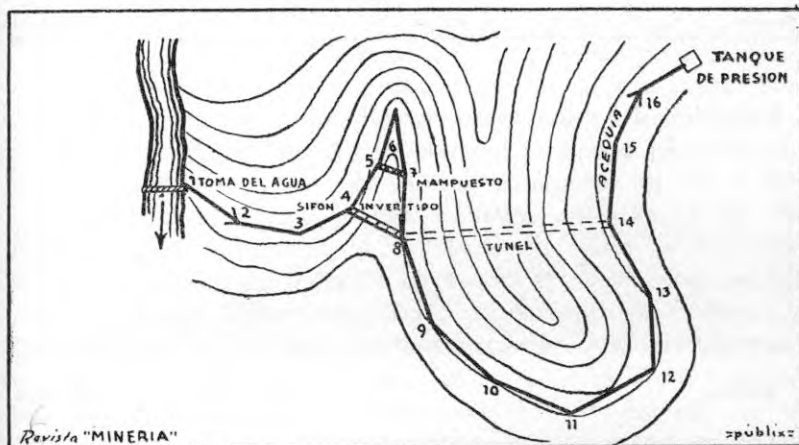


Fig. 52

Cuando se llegue a una cañada o depresión en donde se vea clara la conveniencia de construir un sifón o un mampuesto, se colocarán a nivel dos estacas especiales en los dos puntos, es decir, en donde debe empezar y en donde debe terminar el mampuesto o sifón; se medirá la distancia horizontal entre estas dos estacas, y en línea vertical con la segunda se colocará una tercera estaca que será la que ha de servir de base para continuar el trazado y que tendrá una diferencia de nivel con la dicha segunda estaca igual al total de pendiente que debe ponerse al mampuesto en este trayecto, o a la diferencia de altura que debe tener la boca de entrada con la de salida del sifón. Si se trata de un mampuesto de cajones de madera podrá dársele una pendiente hasta del 4%. Si es un sifón hay que calcular la diferencia de altura entre sus dos bocas. Supon-

gamos en la figura 53 que se trata de un mampuesto de 30 m. de largo y pendiente del 4%. Este 4% equivale a 1.20 m. de desnivel para 30 m. de largo, entonces la tercera estaca **c** quedará 1.20 m. más baja que la estaca **b** sobre la misma línea vertical **bc**, y el mampuesto al ser construido seguirá la línea **a—c**. La estaca **c** servirá de base para continuar el trazado de la acequia. Fig. 53.

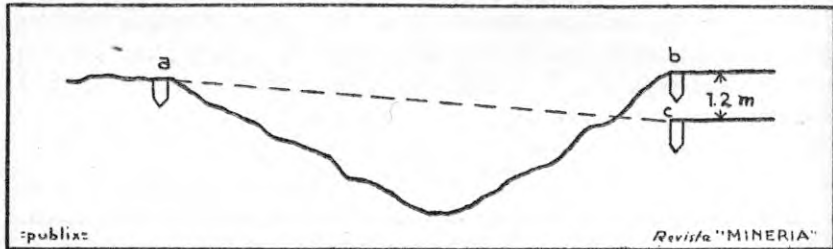


Fig. 53

**Velocidad del agua en la acequia.**—La velocidad que debe tener el agua en la acequia, depende de la cantidad que se va a transportar y de la naturaleza del terreno que forme las paredes y el fondo de la acequia. Mientras mayor sea la velocidad del agua, mayor será su poder de erosión y el determinar cuál debe ser esta velocidad para distintas clases de terrenos no es cuestión de cálculo sino cuestión de apreciación. Como orientación, damos los siguientes datos tomados de C. C. Longridge.

Material	Velocidad máxima m. por segundo
Árena y tierra vegetal (suelo como el que se presenta en vegas, o labores de los ríos)	0.26
Cascajo, arena y tierra vegetal (suelo aluvial)	1.00
Granito descompuesto (entre nosotros llamado arcilla)	1.20
Arcilla o greda compacta	1.30
Esquistos	1.50
Roca suelta	2.00
Roca dura	3.30

Como la identificación de los suelos es un poco difícil, resumiremos en cuatro las velocidades que deben permitírsele al agua, según el terreno.

Tabla I

Suelo muy flojo	0.26 m. por segundo
Suelo granítico o arcilloso	0.90 " " "

Roca blanda o esquistosa	2.00	"	"	"
Roca dura	3.30	"	"	"

**Área de las acequias rectangulares.**— Determinada la velocidad que debe tener el agua en la acequia, de acuerdo con el suelo sobre el cual va a ser construída, el área que la acequia debe tener se calcula por la siguiente fórmula:

$$A = \frac{Q}{V} \text{ en la cual:}$$

A = área en metros cuadrados.

Q = volumen de agua en metros cúbicos por segundo.

V = velocidad del agua en metros por segundo.

Supongamos que se quiere calcular las dimensiones de una acequia con una capacidad de 240 litros por segundo, cuya longitud es de 6.430 m. y construída en terreno granítico relativamente firme.

Según la información que dimos atrás, el agua en suelo granítico puede tener una velocidad de 90 centímetros por segundo, o 0.90 m. Aplicando la fórmula tendremos:

$$A = \frac{0.240}{0.90} = 0.266 \text{ m. cuadrados.}$$

**Dimensiones de las acequias rectangulares.**—La pérdida mínima de velocidad por fricción y por consiguiente la capacidad máxima de una acequia dada, se obtiene cuando el perímetro húmedo, es decir, el área del fondo y las paredes que moja el agua al correr, es la más pequeña obtenible. En acequias rectangulares el perímetro húmedo es el mínimo cuando el ancho del fondo o plan de la acequia es de  $1\frac{3}{4}$  ( $7/4$ ) a  $2\frac{1}{4}$  ( $9/4$ ) veces la altura de los lados.

El cálculo del ancho del plan y de la altura de los lados de la acequia se hace por la fórmula  $A = bh$  (fórmula I) en la cual:

A = área de la acequia.

b = ancho del plan de la acequia, el cual, para que el perímetro húmedo sea el mínimo, debe ser  $1\frac{3}{4}$  veces, o  $7/4$  de la altura de los lados.

Reemplazando en la fórmula I los términos conocidos, tendremos:

$$0.266 = hb \text{ (fórmula II)}$$

Pero como **b** debe ser  $7/4$  h, el valor de **b** puede sustituirse en la fórmula II, en función de **h** y entonces tendremos:



$0.266 = h \times 7/4 h$  o  $0.266 = 7/4 h^2$ , y despejando **h** resulta:

$$h = \sqrt{\frac{0.266 \times 4}{7}} = 0.389$$

La altura de los lados será 0.389 m. o 39 centímetros.

Busquemos ahora el ancho del fondo. Según lo hemos supuesto, el ancho del fondo debe ser  $7/4$  de  $h$ , la altura; entonces sustituyendo el valor de **h** que es 0.389 tendremos:

$$b = 7/4 \times 0.39 = \frac{7 \times 0.39}{4} = \frac{2.73}{4} = 0.682 \text{ m. o } 68 \text{ cm.}$$

Estas son las dimensiones precisas, pero como la acequia no puede llenarse totalmente, en la práctica se aumentan estas dimensiones más o menos en un 25%; así, la acequia de nuestro ejemplo al construirse debería tener un fondo o plan de  $68 \times 1.25 = 85$  centímetros y su altura de los lados debería ser  $39 \times 1.25 = 49$  cm.

**Pendiente de la acequia.**—Una vez determinada la velocidad del agua y las dimensiones de la acequia, la pendiente que debe ponerse se calcula fácilmente por la fórmula:

$$G = \frac{V^2 P}{2A} 0.62, \text{ siendo}$$

$G$  = caída o pendiente en metros por kilómetro.

$V$  = velocidad en metros por segundo.

$P$  = perímetro húmedo.

$A$  = área.

0.62, constante.

En el ejemplo que venimos poniendo tenemos los siguientes términos conocidos:

$$V = 0.90$$

$$A = 0.266$$

$$P = 0.68 + 0.39 + 0.39 = 1.46.$$

Luego,

$$G = \frac{0.90 \times 0.90 \times 1.46}{2 \times 0.266} 0.62 = 2.2 \times 0.62 = 1.36$$

El resultado expresa la diferencia de nivel en metros por kilómetro o en milímetros por metro, que hay que ponerle a una acequia

de dimensiones dadas para que pueda transportar una determinada cantidad de agua, que correrá a la velocidad que se asuma para los cálculos. En el ejemplo que nos ocupa, la acequia debiera tener una diferencia de 1.36 metros por kilómetro, es decir, 1.4 por mil, aproximadamente.

**Acequias trapezoidales.**—Lo que dejamos dicho se refiere a acequias rectangulares, pero la forma rectangular sólo es factible en terrenos muy firmes y para acequias de pequeña capacidad. Cuando se trata de construir grandes acequias, hay que darles a los lados o paredes de éstas cierto talud o inclinación para evitar los derrumbes.

Hemos visto que para que la acequia tenga su mayor capacidad de transporte debe procurarse que el perímetro húmedo sea el mínimo. Esto se conseguiría dándole a la acequia la forma de semicírculo; pero como esta forma es impracticable, hay que adoptar el trapecio, que permite darle a los lados de la caja de la acequia la inclinación más conveniente, de acuerdo con la naturaleza del terreno. Esta inclinación debe ser la siguiente para las cuatro clases de terreno que estamos considerando.

Tabla II

Material de los lados	Angulo de inclinación	Relación entre $a$ y $b$
Suelo muy flojo	20°	1 a 2.74
Suelo granítico o arcilloso	45°	1 a 1
Roca blanda	90°	vertical
Roca dura	90°	vertical

La relación entre  $a$  y  $b$ , 2.74 para suelo flojo, quiere decir que el punto C en el cual debe empezar a cortarse la acequia debe quedar a una distancia de B que sea 2.74 veces la altura  $a$  del lado de la acequia. Fig. 54.

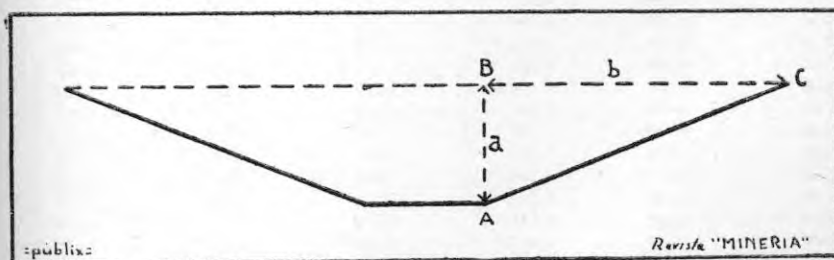


Fig. 54

**Dimensiones y pendientes de las acequias trapezoidales.**—La manera más clara para explicar el procedimiento que debe seguirse pa-

ra determinar las dimensiones y la pendiente que debe dársele a la acequia, es tomar un ejemplo; así, supongamos que se trata de averiguar las dimensiones y la pendiente de una acequia trapezoidal de 5.000 metros de larga y de una capacidad de 480 litros por segundo, construída en un terreno arcilloso de relativa firmeza.

No existe una fórmula precisa para hacer estos cálculos, pero la siguiente tabla formada con datos obtenidos por competentes ingenieros y que nosotros hemos tomado de E. B. Wilson, permite hacerlos con la mayor facilidad. En la tabla II vemos que el ángulo de inclinación que mejor se adapta a una acequia trapezoidal construída en suelo arcilloso es el de 45°. También se ve en la tabla I que en acequias cuyo plan y paredes son de suelo arcilloso, la velocidad del agua que más conviene es la de 90 centímetros por segundo. El área de la acequia se calcula, como vimos atrás, por la fórmula.

$$A = \frac{Q}{V} \text{ y en este caso } Q \text{ es igual a } 0.48 \text{ m. cúbicos y } V \text{ igual}$$

$$\alpha 0.90 \text{ m. por segundo, entonces } A = \frac{0.48}{0.90} = 0.533 \text{ m}^2.$$

Tabla III

Angulo de inclinación	Pendiente de los lados	Altura vertical h	Ancho en la boca - m	Ancho en el fondo n -	Perímetro p
90.00	Vertical	0.707 $\sqrt{A}$	1.414 $\sqrt{A}$	1.414 $\sqrt{A}$	2.828 $\sqrt{A}$
78.41	0.200	0.734 "	1.510 "	1.217 "	2.713 "
75.58	0.250	0.734 "	1.533 "	1.161 "	2.692 "
71.34	0.333	0.752 "	1.580 "	1.079 "	2.656 "
63.26	0.500	0.759 "	1.697 "	0.938 "	2.635 "
60.00	0.577	0.760 "	1.755 "	0.877 "	2.632 "
56.19	0.667	0.759 "	1.824 "	0.812 "	2.635 "
53.08	0.750	0.757 "	1.892 "	0.753 "	2.645 "
51.20	0.800	0.753 "	1.960 "	0.724 "	2.654 "
45.00	1.000	0.740 "	2.092 "	0.613 "	2.704 "
40.00	1.192	0.732 "	2.246 "	0.525 "	2.771 "
36.52	1.333	0.707 "	2.557 "	0.471 "	2.828 "
35.00	1.404	0.697 "	2.430 "	0.439 "	2.870 "
33.41	1.500	0.689 "	2.465 "	0.418 "	2.989 "
30.00	1.732	0.664 "	2.656 "	0.356 "	3.012 "
26.34	2.000	0.636 "	2.844 "	0.300 "	3.144 "
21.48	2.500	0.589 "	3.170 "	0.288 "	3.397 "
18.26	3.000	0.548 "	4.001 "	0.119 "	4.121 "

Tenemos ya los datos necesarios para usar la tabla III. En la primera columna se indica el ángulo de inclinación que ha de dársele a la acequia; en este caso es de  $45^\circ$ . Entonces tenemos que la altura vertical  $h$  (Fig. 55) de la acequia es igual a  $0.740\sqrt{A}$  y como el área hemos visto que es de 0.533, resulta que la altura  $h = 0.740 \times \sqrt{0.533} = 0.740 \times 0.73 = 0.54$  ó 54 centímetros. El ancho del plan  $n$  será  $0.613 \sqrt{A} = 0.613 \times 0.73 = 0.447$  ó 45 centímetros. El ancho de la boca  $m$  igual  $2.092 \sqrt{A} = 2.092 \times 0.73 = 1.527$  m.

La longitud  $l = \frac{m-n}{2} = \frac{1.52-0.45}{2} = \frac{1.07}{2} = 0.535$ . En este caso da igual a la altura  $h$  porque se trata de un ángulo de  $45^\circ$ .

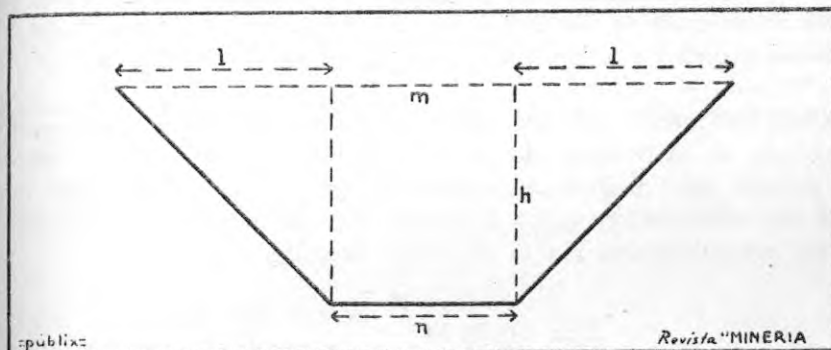


Fig. 55

**Pendiente de la acequia.**—La pendiente de las acequias trapezoidales se calcula por la misma fórmula que dimos para las rectangulares:

$$G = \frac{V^2 P}{2A} \times 0.62$$

En el ejemplo que estamos tomando

$V = 0.90$  metros.

$P =$  (Tabla III)  $= 2.704 \sqrt{A} = 2.704 \times 0.73 = 1.97$

$A = 0.533$

$$\text{Luego: } G = \frac{(0.90)^2 \times 1.97 \times 0.62}{2 \times 0.533} = \frac{0.81 \times 1.97}{1.06} \times 0.62 = 0.93$$

por mil, bien pudiera ponérsele el uno por mil.

**Observaciones generales.**—Como en una acequia se presentan terrenos muy distintos y no es recomendable estar acudiendo a cambios de pendiente y por lo tanto, de dimensiones de la acequia cada vez que la naturaleza del suelo cambia, debe dársele a la acequia una pendiente tal que esté de acuerdo con las exigencias del terreno menos firme. Solamente en aquellos trayectos de roca sí debe alterarse la pendiente, porque la roca firme permite velocidades muy grandes del agua, con lo cual se disminuyen apreciablemente las dimensiones de la acequia, obteniéndose grande economía en su construcción.

Los árboles vecinos a la acequia deben ser derribados y sus raíces arrancadas, pues si es cierto que en acequias descubiertas ocurren mayores pérdidas por evaporación, el tratar de evitar estas pérdidas dejando los árboles, no compensa los peligros a que queda expuesta la acequia de derrumbarse por árboles que se caen, y de filtraciones grandes por las cavidades que dejan las raíces de los árboles cuando se pudren.

Debe procurarse recoger todas las aguas que se encuentran en el trayecto de la acequia de la toma al tanque, porque estas aguas aun cuando sean pequeñas, compensan en todo o en parte las pérdidas por evaporación y por filtración. Las pérdidas por evaporación pueden ser calculadas por la siguiente fórmula:

$$E = 0.0108 M \frac{A}{V}$$

E = pérdida por evaporación en litros por segundo y por kilómetro.

A = área de la sección transversal de la acequia en metros.

V = velocidad media en metros por segundo.

M = coeficiente que varía entre 3 y 20, según el clima y el tiempo, pero que puede tomarse como 15 en nuestros climas cálidos, en época de verano.

Supongamos que se quiere calcular las pérdidas por evaporación de una acequia (Fig. 56) cuyo plan tiene 0.80 metros de ancho, los lados con inclinación de 45° y la altura de 0.90 metros. El agua corre con una velocidad media de 0.90 metros por segundo, entonces

$$E = \frac{0.0108 \times 15 \times 1.53}{0.90} = 0.275 \text{ lts.-seg.-km.}$$

Veamos cómo se hizo el cálculo del área. Si la inclinación de los lados de la acequia es de 45° entonces en el triángulo ABC, (Fig.



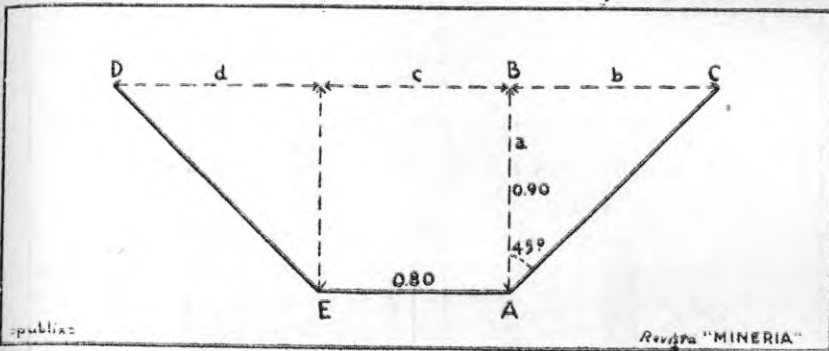


Fig. 56

56), el lado  $b$  es igual al lado  $a$  o sea igual a  $0.90$ . La boca de la acequia  $DC$  será igual a:  $(d + c + b)$  en donde  $d = 0.90$ ;  $c = 0.80$ ;  $b = 0.90$ , entonces  $DC = 0.90 + 0.80 + 0.90 = 2.60$ . El área del trapezoido que forma la acequia es igual a la semisuma de las bases  $EA$  y  $DC$  multiplicada por la altura,  $h$ .

$$A = \frac{EA + DC}{2} \text{ h. Reemplazando,}$$

$$A = \frac{0.80 + 2.60}{2} \times 0.90 = 1.53 \text{ m}^2.$$

**Compuertas o sangraderos.**—La acequia debe proveerse de un número suficiente de sangraderos que permitan quitar o mermar rápidamente el agua cuando así se requiera por causa de un daño, y para que den escape al exceso de agua que cae a la acequia de los flancos del terreno en las fuertes lluvias. Para la colocación de estos sangraderos deben escogerse sitios en donde el terreno sea muy firme para que las aguas del rebose no causen derrumbes. Cuando no sea posible encontrar terreno firme inmediato a la acequia para derramar allí el agua, ésta debe tomarse en canoas de madera o tuberías y llevarla hasta el lugar en donde ya no ofrezca peligro al dejarla correr libremente. Un tipo sencillo de compuerta es el que se muestra en la fig. 57. Mientras mayor sea el número de compuertas más se facilitará el sostenimiento de las acequias. Como mínimo debe colocarse una compuerta cada 300 metros.

Todo lo que se diga para recomendar la solidez y seguridad de la acequia resulta poco ante la importancia que ésta tiene en los

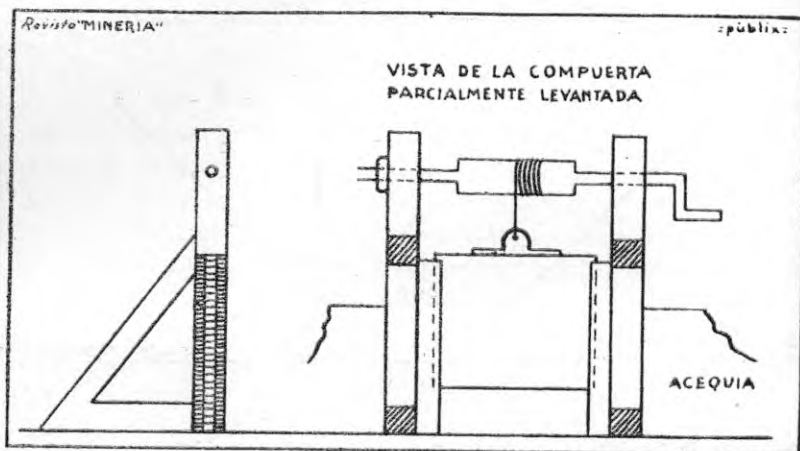


Fig. 57

trabajos de la mina. El agua es el elemento de trabajo y por eso hay que hacer todo esfuerzo por mantenerla permanentemente en la mina. A la banca de la acequia hay que darle muy buenos taludes; salvo en los casos en que se trate de roca, el talud de la banca no debe ser inferior al  $1 \times 1$ , es decir, un metro horizontal por cada metro vertical de corte (Fig. 58). Taludes tendidos implican mayor volumen de tierra para mover y consecencialmente mayor costo, pero éste quedará más que compensado con el tiempo que se evitará de perder por derrumbes de la acequia.

La banca debe tener un ancho igual a cuatro veces la boca de la acequia o por lo menos tres veces; así la banca para una acequia

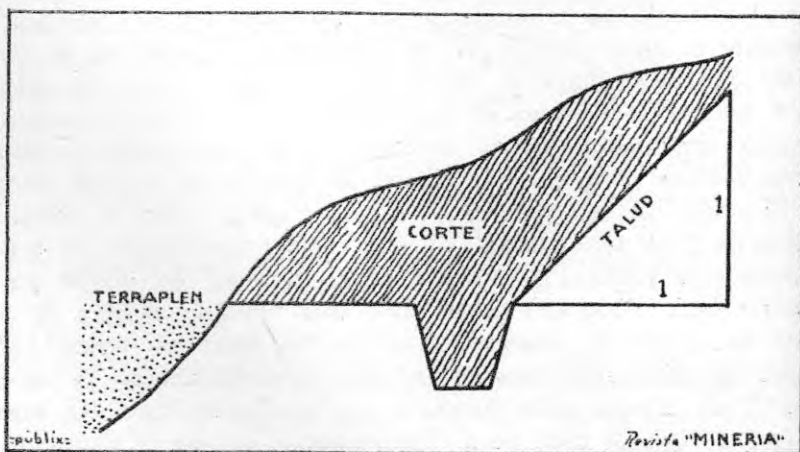


Fig. 58

cuya boca será de un metro, debe ser de 3 a 4 metros, de ancho. Esta banca debe quedar siempre en terreno firme y no se considera como ancho de la banca el terraplén **T**, (Fig. 58) que se forma con la tierra de los banqueos.

En los trayectos de acequia en donde el terreno amenace derrumbarse sobre la acequia, ésta se cubrirá con palos de madera redonda **P**, (Fig. 59) colocando unos a continuación de otros y con cierta inclinación para que la tierra que se derrumbe se deslice fácilmente sobre ellos. Los palos deben ser suficientemente fuertes para que soporten el peso de la tierra derrumbada. Así se evitarán los enormes daños que estos derrumbes causarían al caer dentro de la acequia.

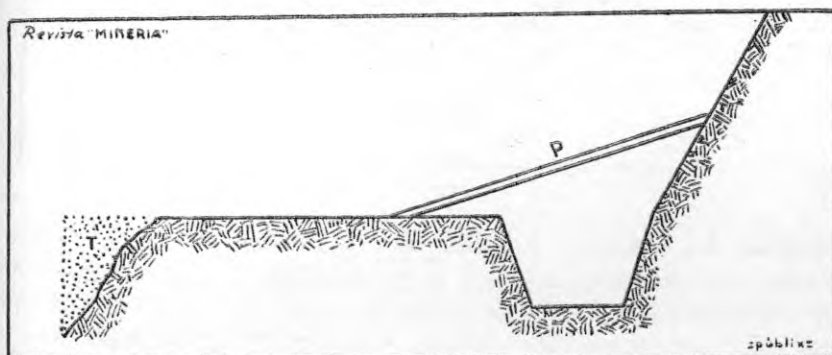


Fig. 59

**Talabordones.**—Cuando las paredes de la acequia son muy delezna-  
bles, se les refuerza construyendo lo que los mineros llaman **talabor-**  
**dones**, los cuales se hacen colocando una serie de palancas verticales  
a un lado y otro de la caja de la acequia y sobre estas palancas se  
clavan o amarran horizontalmente varas fuertes, quedando las pa-  
redes de la acequia prácticamente forradas. Si el terreno carga mu-

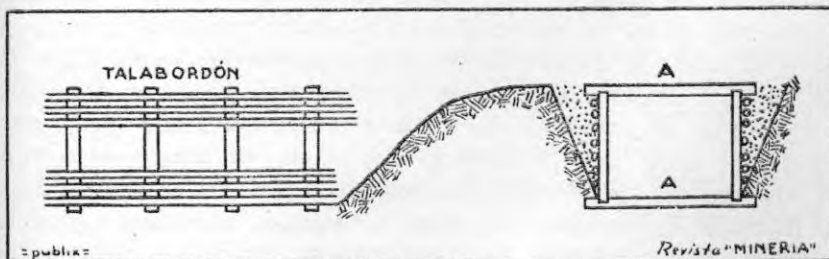


Fig. 60

cho, es decir, comprime las paredes forradas de la acequia, tendiendo a cerrarla, entonces se colocarán de palanca a palanca en el fondo y la parte superior de la acequia, atravesañs fuertes de madera, A de la fig. 60.

**Reforzamiento de las curvas.**—Deben evitarse las curvas muy cerradas en las acequias y en los casos en que esto no sea posible, entonces se construirá un talabordón en la pared exterior de la curva para evitar que el agua al golpear sobre dicha pared la erode o derrumbe (Fig. 61).

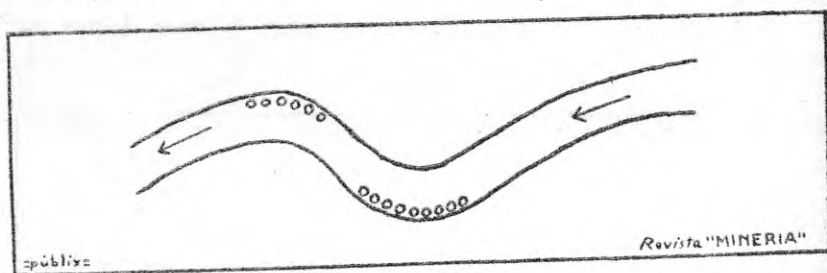


Fig. 61

**Empleo del concreto.**—Los sistemas de reforzamiento que dejamos indicados son bastante prácticos y suficientemente sólidos para acequias pequeñas; si se trata de acequias de gran capacidad hay que pensar entonces en un reforzamiento más perfecto y en este caso es muy recomendable el uso del concreto y del mortero de cemento. El método que debe seguirse depende de la clase de terreno en el cual ha de construirse la acequia.

**Reforzamiento del plan de la acequia.**—Cuando el plan de la acequia está formado por rocas porosas o por esquistos que dejan filtrar las aguas, el revestimiento se hará simplemente echando sobre el plan de la acequia, después de haberlo lavado muy bien para quitarle la tierra y toda materia vegetal, una capa de concreto de 4 centímetros de espesor. La mezcla se formará con una parte de cemento, tres partes de arena lavada y cuatro partes de cascajo lavado y menudo, de un tamaño no mayor de una pulgada. Debe ponerse especial cuidado en que ni el cascajo ni la arena se revuelvan con hojas, con pedazos de madera o con tierra. La arena debe seleccionarse muy bien procurando que no tenga mica o que si la tiene sea en una proporción muy pequeña, pues la mica impide el buen fraguado del mortero. Al vaciar el concreto se apisona bien, de manera que la superficie del revestimiento quede lo más pareja posible.

Cuando el plan de la acequia está formado por material suelto, debe ponerse un tendido de malla de alambre. Esta malla, que es el tipo usado en la fabricación de tubos de concreto se compone de un tejido rectangular, de 15 centímetros de lado y el alambre es calibre N° 12. Si el terreno es demasiado flojo, debe ponerse en el plan de la acequia un tendido de piedra de 15 a 25 centímetros de espesor, el cual se apisona muy bien y se recuña con cascajo. Sobre este tendido de piedra se vacía el concreto, usando la mezcla dicha de  $1 \times 3 \times 4$ . Si el terreno es exageradamente flojo y el tendido de piedra queda expuesto a hundimientos, se colocará sobre él la malla de alambre de que acabamos de tratar.

Este trabajo de revestimiento del plan de la acequia es rápido y económico. Un oficial con su ayudante y cuatro peones pueden vaciar 100 metros cuadrados en el día, teniendo los materiales a la mano.

**Reforzamiento de las paredes.**—Cuando las paredes están formadas por rocas porosas o por esquistos que dejan filtrar el agua por los planos de juntura, se revestirá la pared totalmente o se revocarán las juntas, según el caso. La mezcla que se use será un mortero compuesto de una parte de cemento por 5 partes de arena.

Si el terreno es movedizo y tiende a comprimirse, es decir, en terrenos en donde se hacen necesarios los talabardones, se empleará en lugar de éstos, el concreto ciclópeo, procediendo así: Se hace la caja de la acequia 30 centímetros más ancha a cada lado y siguiendo el hilo de la pared se colocan tablas que deben servir como formaletas. De la tabla hacia la pared del ensanche se coloca un tendido de piedra lavada, procurando dejar entre el tendido de piedra y la formaleta un espacio libre de un centímetro de ancho. Luego se pegan estas piedras, y se llena el espacio entre ellas y la formaleta con un mortero de cemento y arena en la proporción de  $1 \times 5$ . Es de advertir que la pega de las piedras sólo se hace en la cara que queda contra las formaletas. Al quitar la formaleta, lo que puede hacerse a las 24 horas de ejecutado el trabajo, es posible que la superficie exterior que ha de formar la pared de la acequia quede con algunos desperfectos, pero esto se arregla rápida y fácilmente con la misma mezcla de cemento y arena al  $1 \times 5$ . (Fig. 62).

Cuando se trata de terrenos sumamente sueltos, en donde comúnmente se emplean los encanocados de madera, ésta se podrá reemplazar por concreto, para lo cual se forman las paredes y plan de la acequia con malla de vena; las paredes se revocan con una capa de  $1\frac{1}{2}$  cm. de espesor de mortero de cemento y arena de la proporción de  $1 \times 5$ . Al plan se pondrá una capa de 4 cm. de gruesa, de concreto formado por una parte de cemento, 3 de cascajo y 3



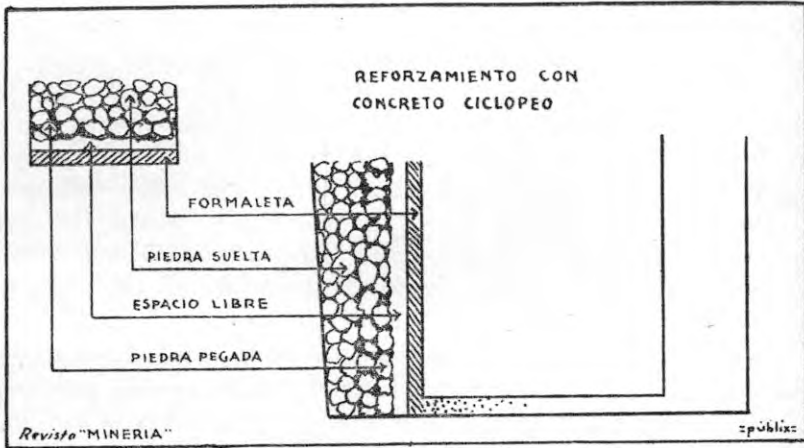


Fig. 62

de arena. La malla se asegura en estribos de hierro redondo de  $\frac{1}{2}$ " de diámetro distanciados entre sí de 80 centímetros a un metro, según el volumen de agua que debe transportar la acequia. La parte comprendida entre las paredes y la malla se llena con tierra y se apisona muy bien. (Fig. 63).

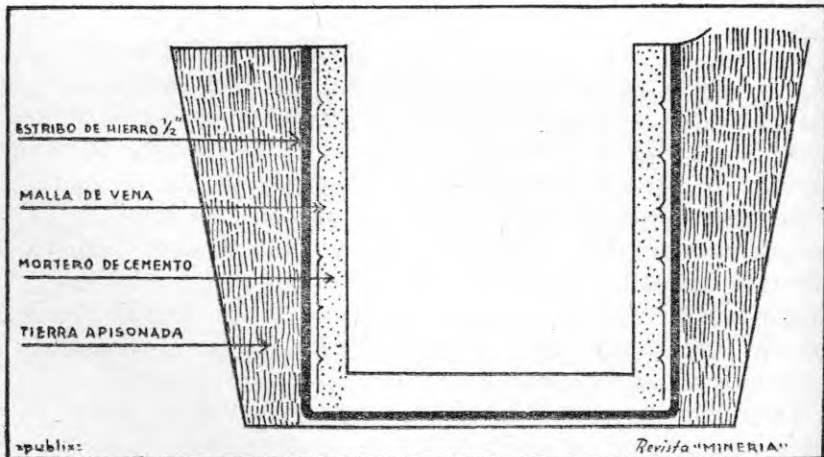


Fig. 63

El reforzamiento de las acequias con concreto es un trabajo costoso; pero puede decirse que es casi indispensable en acequias que hayan de transportar más de 500 litros de agua por segundo.

## MANERA DE CALCULAR LA POTENCIA PARA MOLINOS "ANTIOQUEÑOS" Y CALIFORNIANOS

**Molino Antioqueño.**—Necesitamos conocer los siguientes datos para proceder al cálculo de la potencia del molino:

1°—Peso total del pisón al caer (cabo y zapato).  $P = 180$  kg.

2°—Altura total de caída pisón,  $h = 17.5$  cm.

3°—Número de golpes por minuto de cada pisón,  $n = 48$ .

4°—Eficiencia de la máquina (molino),  $e = 50\%$ .

Llamemos  $Q$  la potencia.

La fórmula general para el cálculo de la potencia es la siguiente:

$$Q = \frac{P \times h \times n}{75 \times 60 \times e}$$

Aplicando esta fórmula con los datos anteriores tendremos:

$$Q = \frac{180 \times 0.175 \times 48}{75 \times 60 \times 0.50} = 0.67 \text{ H. P.}$$

El dato anterior de 0.67 H. P. se refiere a un solo pisón; si se trata de un molino de cinco pisones, por ejemplo, tendremos que la potencia será entonces:

$$0.67 \times 5 = 3.35 \text{ o sea } 3.5 \text{ H. P.}$$

El factor 75 que aparece en la fórmula general de la potencia es con el objeto de obtener directamente la respuesta en caballos de fuerza (H. P.), pues como es sabido un H. P. tiene 75 kilográmetros (un H. P. es la fuerza necesaria para elevar un peso de 75 kilos a 1 metro de altura en 1 segundo, o también, elevar 1 kilo a 75 metros en igual tiempo). El número 60 que aparece igualmente en el denominador es con el mismo objeto, pues como en el numerador se multiplica por el número de golpes por minuto, hay necesidad de reducirlo a golpes por segundo. El tercer factor 0.50 es la eficiencia de la máquina, que en el presente caso apenas sí puede pasar de esta cantidad, demasiado baja por cierto, pero aceptable para una máquina tan rudimentaria y a pesar de esto todavía tan práctica entre nosotros para las pequeñas explotaciones. (Véase la Revista "Minería" N° 91/92, pág. 7802).

**Molino Californiano.**—Para encontrar la potencia necesaria para accionar un molino californiano puede emplearse el mismo cálculo anterior, pero con una eficiencia mucho mayor, digamos 0.75. Por otra parte el número de golpes de un californiano es mucho mayor, generalmente 100 por minuto y por pisón. Además, es necesario tam-

bién tener en cuenta que se hace indispensable la instalación de un contraeje con el fin de reducir el número de revoluciones de la pelton.

Ejemplo:

Asumamos los siguientes datos para el cálculo:

1º—Peso total del pisón al caer,  $P = 350$  ks.

2º—Altura de caída del pisón,  $h = 0.20$  m.

3º—Número de golpes por minuto de cada pisón,  $n = 100$ .

4º—Eficiencia de la máquina (molino),  $e = 50\%$ .

Aplicando la fórmula tendremos:

$$Q = \frac{350 \times 0.20 \times 100}{75 \times 60 \times 0.75} = 2.07 \text{ H. P.}$$

Para una batería de 5 pisonos se necesitarían  $2.07 \times 5 = 10.35$  o 10.5 H. P. en el eje del molino. Sin embargo, como los molinos californianos se accionan generalmente con motores eléctricos o con ruedas pelton y el número de revoluciones de estas máquinas es alto, se hace necesario, muchas veces, el empleo de uno o dos contraejes con el objeto de reducir las revoluciones y en tales casos deberá tenerse en cuenta una nueva pérdida de potencia por este concepto. Supongamos, por ejemplo, que se utilice un solo contraeje y que su eficiencia y la de las poleas, bandas, etc. sea de 0.95. En este caso tendremos que la potencia para el molino de 10.5 H. P. será:

$$\frac{10.5}{0.95} = 11.5 \text{ H. P.}$$

Si se trata de dos contraejes, asumiendo para cada uno la misma eficiencia anterior de 0.95, resultaría la siguiente potencia:

$$\frac{10.5}{0.95 \times 0.95} = 11.66 \text{ ó } 12 \text{ H. P.}$$

Los dos datos obtenidos de 11.5 y 12 H. P., respectivamente, para uno y dos contraejes, indican la potencia efectiva que debe desarrollar el eje de la máquina que accionará el molino, bien sea generador eléctrico o rueda pelton.



# JESUS ESCOBAR ALVAREZ & CIA.

LABORATORIO DE FUNDICION Y ENSAYES  
DE LOS MINEROS DE COLOMBIA

FUNDICION Y ENSAYE DE ORO Y PLATA  
Y DE PRECIPITADOS DE CIANURACION

---

ESTUDIO DEL TRATAMIENTO  
DE MINERALES AUROARGENTIFEROS

---

Referencias: Casa de Moneda de Medellín



# JESUS ESCOBAR ALVAREZ & CIA.

LABORATORIO DE FUNDICION Y ENSAYES  
DE LOS MINEROS DE COLOMBIA

FUNDICION Y ENSAYE DE ORO Y PLATA  
Y DE PRECIPITADOS DE CIANURACION

---

ESTUDIO DEL TRATAMIENTO  
DE MINERALES AUROARGENTIFEROS

---

Referencias: Casa de Moneda de Medellín



# Instrucciones para adjudicar y contratar minas en Colombia

## ACLARACION

Hace mucho tiempo que la Asociación Colombiana de Mineros venía recibiendo solicitudes del gremio minero en el sentido de que se elaboraran y dieran a la publicidad instrucciones completas, inclusive modelos, para la adjudicación y contratación de minas en Colombia. Para atender a tales solicitudes, la Asociación resolvió encomendar el trabajo a su representante en Bogotá, doctor Juan C. Molina, y a su abogado asesor en Medellín, doctor Eduardo Uribe Botero. El estudio que hoy presentamos como complemento del presente libro fue preparado por el doctor Molina y revisado y adicionado por el doctor Uribe, y a su vez es complemento del que en años pasados había sido publicado en la Revista "MINERIA", gracias a la gentileza del doctor Francisco Cardona S.

En los números 109 a 114 de la Revista "MINERIA" habíamos publicado este estudio. De entonces a hoy ha habido algunas reformas en el ramo minero, las cuales han sido tenidas en cuenta al hacer esta nueva publicación.

## CAPITULO IX

### INSTRUCCIONES PARA ADJUDICAR Y CONTRATAR MINAS EN COLOMBIA

#### Propiedad y división de las minas

Las minas situadas en el territorio de la República pertenecen a la Nación unas y a los dueños del suelo donde se encuentran ubicadas las otras.

Por distintas disposiciones expedidas durante la Colonia y durante la República, la Nación se ha reservado varias minas que le pertenecen en propiedad, y dejó otras a los dueños del suelo donde están ubicadas.

Las minas de propiedad de la Nación pueden dividirse en cuatro grupos:

a) **Minas adjudicables.**—Estas minas las transfiere el Estado a los particulares, en posesión y propiedad, conforme al Código de Minas.

b) **Minas contratables o concesibles.**—La propiedad de estas minas la conserva la Nación, quien las explota por medio de contratos temporales celebrados con particulares conforme al Código Fiscal y a las leyes y decretos que para ellas se han expedido.

c) **Minas del patrimonio privado o particular de la Nación.**—Estas minas las administra directamente el Estado o por medio de delegaciones o contratos con entidades o particulares, tales como las salinas, las de esmeraldas, las de Marmato y Supía, etc. Estas minas se rigen por leyes dictadas especialmente para ellas y conforme a las reglas generales del Código Fiscal.

d) **Minerales de libre aprovechamiento.**—Finalmente, hay algunos minerales que son de libre explotación en virtud del tradicional derecho del **mazamorreo, bateo o lavadero de pobres.**

## MINAS ADJUDICABLES

## I

**Quiénes pueden adquirirlas**

Pueden adquirir minas en Colombia todas las personas naturales o jurídicas que tengan capacidad para adquirir el dominio de las cosas conforme a las leyes civiles, por sí mismas o por medio de sus representantes legales o legítimos.

Los extranjeros disfrutan en Colombia de los mismos derechos civiles que se conceden a los nacionales y por consiguiente pueden adquirir minas como éstos, pero la ley podrá, por razones de orden público subordinar a condiciones especiales tal adquisición de minas o negar el ejercicio de ese derecho a los extranjeros o algunos de ellos. Hoy no pueden adquirir minas en Colombia los súbditos de Alemania, Italia y el Japón.

Los Gobiernos extranjeros no pueden adquirir minas entre nosotros.

## II

**Cuáles minas son adjudicables**

Son adjudicables hoy, con transmisión de posesión y propiedad, las minas de oro, plata, platino, cobre y piedras preciosas, con las excepciones siguientes:

1ª Las minas de esmeralda no adjudicadas con anterioridad a 1905, y las que fueron adjudicadas con anterioridad a ese año pero que volvieron por abandono al dominio de la Nación;

2ª Los minerales denominados beryllium o berilo y sus similares;

3ª Las formadas en el lecho y playas del río Cauca, aun en la parte que no sea navegable, hasta donde alcancen las aguas en sus mayores crecientes, y los sobrantes o excesos de las adjudicadas con anterioridad a 1877 en Antioquia y a 1887 en los demás Departamentos bañados por el río Cauca;

4ª Las situadas en los lechos de los ríos navegables;

5ª Las minas de aluvión de metales preciosos ubicadas en las riberas de los ríos navegables en una extensión de un kilómetro a cada lado del cauce normal del respectivo río;

6ª Las de aluvión que estén dentro de las zonas que el Gobierno haya señalado como propias para empresas agrícolas o ganaderas. Hasta hoy sólo se ha hecho la reserva agrícola en el va-

lle de Rionegro, Marinilla, etc., Departamento de Antioquia, por Decreto 273 de 1939 del Ministerio de la Economía Nacional;

7ª Las de aluvión u oro corrido que estén dentro de los límites de las de veta o filón;

8ª Las situadas en terrenos pertenecientes a establecimientos de educación o beneficencia, a menos que se tenga permiso de los dueños;

9ª Las que estén en el área de las minas que el Gobierno explota por su cuenta como las de Marmato, Supía, Muzo, Coscuez, etc., pero esta área se limita únicamente a la extensión necesaria para la cómoda explotación y laboreo de estas minas.

### III

#### **Minas adjudicables pero no siempre explotables**

Hay minas adjudicables pero cuya explotación está en algunos casos limitada o prohibida.

Tales son:

1ª Aquellas que estén dentro del área de la población y hasta cien (100) metros de distancia de sus últimas casas, a menos que el laboreo de la mina sea retirándose de la población y sin perjuicio alguno para ésta. En tal caso, el Concejo Municipal puede dar permiso para elaborarla, debiendo suspenderse los trabajos cuando resulte algún perjuicio para la población;

2ª Aquellas que estén dentro de los patios, jardines, huertas y solares de las habitaciones rurales, que sólo pueden ser exploradas y explotadas por los dueños de las fincas respectivas o con permiso de ellos;

3ª Aquellas cuyo laboreo perjudique las obras públicas, las poblaciones, las aguas de que en ellas se hace uso y las habitaciones de particulares. Se entiende por obras públicas para estos efectos, los caminos, ferrocarriles, líneas de transporte aéreo, canalizaciones aéreas o subterráneas para conducción de energía eléctrica y acueductos, cuando estas obras se destinen al servicio público, y en general, todos los edificios y construcciones que se destinen al mismo uso. Pero no se considerará que hay perjuicio por causa del laboreo sino en el caso de que el explotador de la mina no repare por su cuenta los daños causados, de tal manera que pueda seguir prestándose sin interrupción el servicio público a que la obra afectada estuviere destinada;

4ª Aquellas cuyo laboreo prive al dueño del terreno del agua necesaria para el uso de su familia, sus animales, sus plantaciones

y cualesquiera clase de máquinas o establecimientos industriales, establecidos o empezados a establecer;

5ª Aquellas situadas en los lechos de los ríos navegables, adjudicadas con anterioridad a la época en que la Nación se reservó los metales preciosos situados en los cauces de tales ríos, cuando el laboreo perjudique la navegación o la estorbe;

6ª Aquellas minas de veta que estén comprendidas en todo o en parte dentro de los linderos de otra de aluvión, las que no podrán elaborarse sino en cuanto sea posible, sin causar perjuicio a los establecimientos montados en ésta al tiempo del descubrimiento. Las dificultades que puedan ocurrir respecto al laboreo posterior de ambas minas se decidirá por tres arbitradores nombrados uno por el dueño de cada mina y un tercero por el juez; y

7ª Aquellas cuya explotación ensucie las aguas de que ordinariamente se hace uso en los establecimientos agrícolas, fabriles e industriales en general, bien sean públicos o de particulares y en las poblaciones.

Con todo, si el minero provee previamente tales poblaciones o establecimientos de aguas suficientes, limpias y potables a juicio de peritos nombrados por las partes y un tercero por el Gobernador, Intendente o Comisario Especial, tales minas podrán elaborarse.

El Alcalde Municipal es el competente para decretar la suspensión del laboreo cuando se ensucien dichas aguas, mediante solicitud que se le haga por escrito acompañada de la prueba sumaria del caso. De la petición se le dará traslado por tres días al dueño, director o administrador de la mina, quien al contestarlo podrá también aducir pruebas. Sin más actuación, el Alcalde decide si suspende o no el laboreo de la mina. La orden de suspensión se cumple inmediatamente. En caso de infracción, el Alcalde impondrá a cada uno de los responsables, multas de cinco a cincuenta pesos (\$ 5.00 a 50.00), por cada infracción, o arresto de diez a cuarenta (10 a 40) días.

Si es el Alcalde quien por negligencia deja de cumplir con las obligaciones dichas, incurrirá en una multa de veinte (20) a cincuenta (50) pesos que le impondrá su respectivo superior a petición de cualquier interesado.

Suspendida la explotación, el interesado podrá ocurrir al mismo Alcalde, por escrito, ofreciéndole proveer los establecimientos perjudicados de aguas limpias y potables en cantidad suficiente. El Alcalde dispondrá que cada parte nombre un perito y él nombrará un tercero para que dictaminen si la nueva provisión de agua reúne las condiciones dichas. Si el dictamen es favorable al minero y se



hace la provisión de aguas, el Alcalde dará autorización para volver a explotar la mina.

Las resoluciones del Alcalde sobre suspensión y reanudación del laboreo, son apelables para ante el Gobernador, Intendente o Comisario Especial y las de éstos, para ante el Ministerio del Ramo.

#### IV

##### Cateo

En general, pueden buscarse, descubrirse y catearse las minas del Estado, con excepción de las que estén situadas en el área de una población y a cien (100) metros de distancia de sus últimas casas; las que estén dentro de los patios, jardines, huertas y solares de las habitaciones rurales, a menos que lo hagan sus propios dueños o con permiso de éstos; las que estén dentro de terrenos cercados y de cultivo permanente, sin previo aviso al dueño del terreno o al que se encuentre encargado de él, pero el dueño puede exigir caución para el pago de los perjuicios que se le ocasionen; las que estén en el área de las minas que como bienes fiscales pertenecen al patrimonio privado del Estado, tales como las de Marmato, Supía, Santana, Muzo, etc.

#### V

##### División y extensión de las minas

Por su formación, las minas se dividen en minas de veta o filón, aluvión u oro corrido y sedimento.

Las minas de veta o filón pueden constar de tres pertenencias y cada pertenencia equivale a un rectángulo de 240 metros de latitud o base por 600 metros de longitud, de modo que una mina completa de veta tiene una extensión de 240 metros de base por 1.800 metros de longitud.

Las minas de aluvión u oro corrido constan de un rectángulo de 2 kilómetros de base o latitud por 5 kilómetros de longitud, o de un cuadrado de 3 kilómetros de base.

Las minas de sedimento tienen una extensión de un cuadrado que tenga 2 kilómetros de base.

Las minas de piedras preciosas constan de un cuadrado con 1 kilómetro de base.

En las minas adjudicables el descubridor puede pedir que se le adjudique una extensión menor.

## VI

**Aviso**

Sólo son avisables las minas adjudicables. El aviso se ha llamado signo jurídico del descubrimiento y se da ante el Alcalde del Municipio donde las minas estén situadas. La fecha del descubrimiento de la mina es la del día y hora en que se haya extendido la diligencia en la Alcaldía. Si la mina comprende territorio de varios Municipios, basta con dar el aviso ante el Alcalde de cualquiera de ellos; en este caso, el Alcalde ante quien se da el aviso pasará copia de él a los Alcaldes de los otros Municipios donde está ubicada parte de la mina, para que éstos a su turno copien esa nota en su libro de avisos en el lugar que le corresponda.

El aviso puede darse personalmente por el descubridor o por un recomendado suyo.

Si un encargado o recomendado da el aviso en su propio nombre y no en el de sus mandantes, tal aviso es únicamente eficaz para éstos y el recomendado o encargado no adquiere derecho alguno.

Los Alcaldes están en la obligación de oír los avisos que se les den, en cualquier fecha y a cualquiera hora del día o de la noche.

Para anotar los avisos, los Alcaldes llevarán libros empastados y encuadernados, de modo que no puedan agregárseles ni quitárseles hojas. Estos deben estar foliados y rubricados por el Alcalde y su Secretario; al principio de ellos se extenderá una diligencia, firmada por los mismos, en que conste el número de fojas que contenga. En el curso del mes de enero de cada año los Secretarios deben hacer índices de tales libros, con el siguiente pormenor: número de orden, fecha, clase de la mina (veta, aluvión o sedimento), descubrimiento (nuevo o antiguo), e individuos para quienes se avisa la mina.

Los libros deben enviarse al fin de cada año a la Secretaría de Hacienda del respectivo Departamento, a más tardar, en el transcurso del mes de enero de cada año, con el índice de que antes se habló.

En las Alcaldías debe quedar copia del libro de avisos que se ha llevado en el respectivo año.

En el libro de avisos se asientan los avisos de las minas de que tratan los artículos 8, 79, 345 y 367 del Código, y las copias de las notas de los avisos de las minas que se extiendan a ese y otros Municipios, cuando el aviso no se ha dado allí.

El que da el aviso debe indicar la fracción, localidad y punto preciso donde la mina está situada. Tiene el deber de manifestar que no sólo la ha descubierto, sino que ha indicado el punto en que existe con una señal permanente colocada sobre la mina, como un

mojón de piedra clavado en el terreno, una excavación, etc. No debe señalarse el punto preciso por medio de árboles o argollas clavadas en éstos, ni estacas ni otras señales inestables o de fácil cambio o confusión. Si el punto no tiene nombre conocido, lo determinará con toda claridad por medio de los puntos conocidos más inmediatos, siempre que el objeto o señal de referencia no esté a una distancia mayor de 3 kilómetros del punto que se fija como ubicación de la mina. Hará además una demarcación con referencia a la señal permanente. No debe confundirse el concepto "paraje" con el de "punto" para el efecto de las localizaciones de minas. "Paraje" es en el lenguaje usual, una extensión más o menos grande conocida con nombre o nombres determinados. "Punto" es un sitio o lugar preciso de localización, como un peñón, la confluencia de dos quebradas, las ruinas de un molino, etc.

El aviso se extiende en la siguiente forma:

Se escribe primeramente el número que corresponde a la partida, empezando por la unidad y siguiéndose en orden riguroso.

En seguida la fecha y la hora, todo en letras.

Luégo se especificarán el nombre o nombres de los avisantes; la fracción o localidad y el punto preciso donde está situada la mina, de acuerdo con las indicaciones anotadas atrás; se dirá si es de oro, plata, platino, cobre o piedras preciosas, con excepción de las esmeraldas y berilos; si es de antiguo o de nuevo descubrimiento y en el primer caso dirá quiénes son los últimos poseedores, si se conocen, y cuál era el nombre con que era conocida anteriormente. Si hay duda, es conveniente avisar la mina como de antiguo descubrimiento, diciendo que se ignoran sus últimos poseedores y el nombre con que era conocida, para que no haya dificultades en el futuro.

La diligencia la firman el Alcalde, el que da el aviso, dos testigos y el Secretario. Si el que da el aviso o los testigos no supieren firmar, se anotará así y se dejará constancia de habérsela leído al que no sabía firmar por la persona que él escogió al efecto. No se admitirán testigos que no sepan firmar sino cuando no sea posible conseguir otros que sepan hacerlo, y de esto se dejará la debida constancia.

Véase el modelo N<sup>o</sup> 1.

No deben hacerse raspaduras, enmendaduras ni entrerreglonaduras. Si hay equivocación, se salva al pie por medio de una nota en que se exprese la palabra o frase equivocada y la forma en que ha de quedar.

A la diligencia se adhiere una estampilla de timbre nacional de cinco pesos (\$ 5.00), la cual se anula por el alcalde. El Ministerio del

ramo en consulta que se le hizo en 1932, dijo: "La estampilla de \$ 5 que grava el aviso, debe adherirse al aviso original y será anulada por el alcalde. En la copia que presente el interesado ante la Gobernación, se certificará la anulación de la estampilla en el original".

En los cuatro domingos siguientes al de la fecha de la inscripción del aviso, se hará publicar éste por bando, de lo cual se dejará constancia al margen de la diligencia.

La copia del aviso, que debe estar autorizada por el Secretario de la Alcaldía, se extiende en papel sellado.

La persona o entidad que hubiere avisado una mina por tres veces consecutivas, no podrá avisarla de nuevo para sí ni por interpuesta persona, y el Alcalde no podrá recibirle los avisos.

Ni el acta del aviso ni la copia de éste, causan derecho alguno.

## VII

### Denuncio

Dentro de los noventa días hábiles, contados desde la fecha del aviso, debe presentarse el denuncio en la Secretaría de Hacienda del Departamento o de la Comisaría Especial o Intendencia respectiva. Si se deja transcurrir ese término, se pierde el derecho. No obstante puede recuperarse éste, y denunciarse la mina con el mismo aviso aun pasado ese término; pero si otra persona había dado ya el aviso del caso, no hay lugar a esa recuperación.

El denuncio puede hacerse por el interesado en persona o por medio de recomendado.

Quien denuncie una mina como recomendado, mandatario o apoderado del avisante, no puede introducir modificaciones a la distribución de acciones hecha en el aviso, sin consentimiento auténtico de los beneficiarios de ellas.

El escrito de denuncio, si es relativo a mina de nuevo descubrimiento, debe contener los siguientes requisitos:

a) Indicación del Municipio, localidad y punto preciso donde la mina está situada. Si este punto no tiene nombre conocido, deben darse todas las señales necesarias para que en ningún caso pueda confundirse con otro.

b) Fijación, con entera claridad, de los puntos que determinen la línea que ha de servir de base de mensura, y otro punto, generalmente conocido, que indique hacia qué lado de la línea debe continuarse la medida. Para esto último pueden emplearse los cuatro puntos cardinales.

c) Expresión del nombre de todos los comuneros o socios, cuan-

do la mina se pretenda para varios, y la acción que cada uno representa. En lo sucesivo, hasta la expedición del título, pueden hacerse variaciones al respecto.

Si la mina es de antiguo descubrimiento, además de esos requisitos, en el denuncia debe expresarse el nombre, vecindad y residencia de los últimos poseedores, el nombre con que la mina era conocida antiguamente y el que ha de llevar en adelante. Si alguna o algunas de esas circunstancias se ignoran, se expresará así en el denuncia.

A las minas de antiguo descubrimiento se les puede dar un nombre distinto de aquel con que eran conocidas y conviene que ese nombre sea el del paraje o el del punto en donde la mina esté situada, para evitar nulidades (ordinal 4º del artículo 94 del Código de Minas).

Si la mina es continuación de otra, se debe, además, indicar hacia qué lado o costado de la mina principal se desea tomar la continuación (Véanse modelos 2 a 5).

La Secretaría de Hacienda examinará escrupulosamente el escrito de denuncia y si le faltaren alguno o algunos de los requisitos anotados, se expresarán claramente y se dispondrá que el interesado los subsane dentro de un término prudencial que le señalará ese Despacho. Si dentro del término señalado no se subsanan los reparos hechos, la mina queda abandonada.

El término para subsanar las observaciones que se hagan al denuncia se cuenta desde la fecha del auto que hace los reparos y que dispone que se corrijan por el interesado, a menos que en la misma providencia el funcionario respectivo diga desde cuándo principia a contarse el término. Es preferible que esto se diga para evitar confusiones.

Los denuncios de minas abandonadas se publicarán en el periódico oficial del Departamento, Intendencia o Comisaría, y hasta pasados treinta días después de hecha la publicación, no puede dárseles curso. La copia que se expida para esa publicación debe ir extendida en papel sellado. Ordinariamente se cobra por esa publicación a razón de un centavo (\$ 0.01) por palabra.

Al escrito de denuncia debe acompañarse lo siguiente: la copia del aviso, el recibo de haber pagado en la Administración de Hacienda Nacional cincuenta centavos (\$ 0.50) de impuesto de denuncia, una estampilla de timbre nacional por valor de cinco pesos (\$ 5.00) y el papel sellado necesario para darle curso al negocio.

Si no se suministra el papel sellado necesario, éste puede su-



plirse por papel común, pero luego el interesado tiene que revalidarlo pagando en estampillas el doble del valor del papel sellado.

El Ministerio del Ramo tiene establecido que "cuando se presente un escrito de denuncia sin la estampilla de timbre requerida, la Gobernación o la Intendencia está en la obligación de devolverlo para que se verifique la revalidación del documento dicho en la forma establecida por el artículo 6º del Decreto Legislativo número 92 de 1932" (resolución de 17 de octubre de 1932, Boletín de Minas y Petróleos, números 55 a 60, página 315). El Ministerio después de transcribir el artículo 13 del Decreto Legislativo 92 de 1932, dice: "De modo que, conforme a la disposición transcrita, no habría lugar, como lo pretende el reclamante, a desechar terminantemente la denuncia, sino a enviarla al Administrador de Hacienda Nacional para que la revalidara y una vez revalidada darle el curso legal" (id. de 3 de febrero de 1933, página 316).

"Para que el interesado caiga en la sanción del artículo 36 del Código de Minas, debe hacerse culpable de omisión o negligencia voluntaria. Pero cuando la culpa no es suya sino de otra persona—el Administrador de Hacienda del Chocó en este caso— es fácil comprender que no ha caído en esa culpa voluntaria ni puede hacerse responsable por las faltas de otras personas" (resolución de 30 de abril de 1935, Boletín de Minas y Petróleos números 73 a 78, página 158).

Si el denunciante no hiciere practicar dentro del término de un año después de presentado el denuncia las diligencias conducentes a darle curso a éste, la mina se tendrá por abandonada. El Ministerio del Ramo tiene resuelto que se entiende por darle curso a un denuncia, hacer las gestiones conducentes a fin de que antes de vencido un año, contado desde la presentación del denuncia, estén practicadas todas las diligencias necesarias hasta la fijación del cartel en la Alcaldía. De allí en adelante los términos para practicar las diligencias subsiguientes son distintos y categóricos.

Cuando el denuncia fuere hecho por o para una sociedad ordinaria de minas, y se omitiere en el escrito los nombres de alguno o algunos de los socios que la componen, pierden sus derechos los que incurrieron en esa omisión, en favor del socio o socios omitidos. En este caso y para los efectos legales, se reputa el escrito como hecho por el socio o socios no mencionados en él.

No son denunciabiles:

a) Las minas que no son adjudicables (véase el aparte II sobre "cuáles minas son adjudicables");

b) Las que habiendo sido avisadas como de nuevo descubri-

miento, siendo de antiguo, tengan en curso las diligencias para subsanar este motivo de nulidad;

c) Las que teniendo títulos no emanados del Estado, estén en vía de titularse conforme al Código de Minas;

d) Los **excesos** por los cuales se esté pagando el impuesto correspondiente y siempre que estén dentro de los linderos indicados por el título de la mina que los comprende;

e) Las minas redimidas a perpetuidad;

f) Las minas que gocen del amparo administrativo (véase el aparte VIII sobre "**Amparo administrativo de las minas**"), y

g) Las minas matriculadas, cuando esta institución se lleve a la práctica (véase el aparte IX sobre "**Minas matriculadas**").

## VIII

### **Amparo administrativo de las minas**

El Código de la materia establece que los Gobernadores, Intendentes o Comisarios no desecharán los denuncios de las minas adjudicables, aunque crean que los denunciantes no tienen derecho a hacerlos y que los que quieran impugnar tales denuncios deben oponerse a la posesión de la mina; pero luego, por el Decreto Legislativo número 223 de 1932, artículo 9º, se estableció que tales funcionarios desecharán los denuncios de las minas que se les hagan, cuando se acredite, con el correspondiente recibo, que por la mina de que trata el denuncia se han pagado en la debida oportunidad los respectivos impuestos.

El Ministerio del Ramo estima que tal artículo está vigente y es aplicable a las minas no matriculadas. En fallo de 29 de diciembre de 1939 dijo: "En consecuencia con las ideas anteriormente expuestas, el Ministerio en numerosas ocasiones ha determinado que para la prosperidad del amparo administrativo de que se trata es menester la comprobación de los siguientes requisitos: a) Presentación del título de la mina respectiva, el que debe reunir las condiciones indispensables a su validez; b) Pago oportuno de los impuestos establecidos en el citado Decreto 223 de 1932; y c) Identidad de la mina titulada con aquella cuya adjudicación se pretende impedir".

El amparo administrativo se ejercita ante los mismos funcionarios que conocen del denuncia y son éstos quienes deben decidir si la mina goza o no de él, sin perjuicio de que resuelto desfavorablemente el amparo invocado, el interesado pueda hacer valer su derecho interponiendo las oposiciones que consagra el Código de Minas.

## IX

**Matrícula minera**

Por la Ley 13 de 1937 se estableció la matrícula de la propiedad minera y por el Decreto 837 de 1938 se reglamentó esta institución. De este Decreto se anularon algunos artículos por el Consejo de Estado. Hasta hoy el Gobierno no ha llevado a la práctica el registro de la propiedad minera.

Una vez que éntre a funcionar este registro de la matrícula de la propiedad minera, no podrán denunciarse, **ni en todo ni en parte**, aquellas minas que además de haber pagado los impuestos vigentes, estén matriculadas de conformidad con la ley y decreto citados, y en consecuencia, los Gobernadores, Intendentes y Comisarios Especiales, desecharán los denuncios de las minas que se les hagan cuando aparezca de manifiesto o se acredite con las pruebas correspondientes, que con el denuncia de que se trata se vulneran los derechos de los propietarios de las minas matriculadas.

## X

**Posesión y mensura**

Si el denuncia es admitido, y se trata de mina de nuevo descubrimiento, la Gobernación, la Intendencia o Comisaría Especial libra al Alcalde del Municipio de la ubicación de la mina un cartel, en que se anuncia que se va a dar posesión de ésta y un despacho con las instrucciones del caso, comisionándolo para ello. Si la mina es de antiguo descubrimiento, no se libra el cartel y despacho hasta pasados treinta días hábiles, contados desde la publicación del denuncia en el periódico oficial.

Cuando la mina comprende territorio de varios Municipios, se envían carteles a cada uno de ellos, para que los respectivos Alcaldes cumplan con las obligaciones que al respecto se especifican más adelante.

El cartel y el despacho para el comisionado pueden enviarse por correo o por conducto del interesado. Si el envío se hace por conducto del interesado, éste debe entregarlo al Alcalde respectivo dentro del término de la distancia y veinte días más, a más tardar, so pena de considerarse insubsistente el denuncia y las demás diligencias practicadas en virtud de él. El término de la distancia se calcula a razón de un día por cada tres miriámetros. Cada miriámetro tiene dos leguas.

Una vez que el Alcalde comisionado reciba el cartel y despacho

respectivos, el Secretario de la Alcaldía pondrá a continuación del despacho una nota en que se hará constar el día y la hora en que fueron entregados. En seguida el Alcalde dictará un auto en el que disponga cumplir la comisión impartida por la Gobernación, Intendencia o Comisaría y ordenará que el cartel en que se anuncia que va a darse posesión de la mina, sea fijado en el lugar público acostumbrado. El cartel permanecerá fijado por tres semanas consecutivas, o sean, veintiún días completos, incluyendo los domingos y feriados, y se pregonará por bando en los tres domingos que corran dentro de los días de fijación.

Los días de fijación y desfijación no se cuentan para el efecto de computar los veintiún días que debe permanecer el cartel a la vista del público. De todo —fijación, desfijación y publicaciones por bando— se dejará la debida constancia en el expediente, bajo la firma del Alcalde y de su Secretario.

Si la mina es de antiguo descubrimiento y se conocen las residencias y los nombres de los últimos poseedores, se les notificará personalmente el contenido del cartel y la resolución por la cual se mandó dar posesión de la mina.

Si los últimos poseedores o alguno de ellos residieren en Municipio distinto al del comisionado, la notificación se le hará también personalmente por medio de un exhorto dirigido al Alcalde del Municipio donde tiene su residencia.

Si los nombres de los últimos poseedores o sus residencias se ignoran, la notificación se hace por medio de un edicto que debe ser fijado en el Despacho del comisionado y pregonado por bando en dos días de concurso. Estos pregones se darán estando fijado el edicto, el cual permanecerá fijado treinta días hábiles más a contar del segundo pregón, y no se dará en ningún caso posesión de la mina hasta pasados otros treinta días también hábiles, que es el tiempo de que disponen los últimos poseedores para oponerse.

De todo —fijación, pregones y desfijación del edicto— se dejará constancia en el expediente, bajo la firma del Alcalde y de su Secretario.

Si no ha habido oposición y la mina es de nuevo descubrimiento, el interesado debe por sí mismo o por medio de apoderado, solicitar, dentro de los sesenta días útiles contados desde la desfijación del cartel, que se le dé posesión de la mina. Si ésta es de antiguo descubrimiento, estos sesenta días se cuentan desde que se venció el término a los últimos poseedores para hacer oposición. Si ha habido oposición, el término de los sesenta días para pedir la posesión se cuenta desde el día en que el funcionario comisionado para



tal fin reciba el expediente, que deberá remitirle original y oportunamente el Juez de la causa.

Si dentro del término dicho no se solicita la posesión de la mina, ésta queda abandonada, pero tal término es rescindible por restitución cuando por impedimento legítimo no se hizo la solicitud oportunamente (véase el aparte XXII sobre "Términos").

Hecha la solicitud sobre posesión de la mina, el comisionado, dentro de las veinticuatro horas siguientes, señalará la fecha y hora en que debe principiar la diligencia de posesión, con tal que no sea para antes de cinco días ni para después de cuarenta días. Eso se entiende, siempre que hayan corrido ya los términos de que disfrutaban los últimos poseedores para oponerse. En este último caso, cuando se presente el denunciante a solicitar la posesión, y ésta no pueda decretarse por estar aún corriendo esos términos, el comisionado debe dejar constancia en el expediente del día en que se hizo la solicitud, para poner a salvo los derechos del interesado, y suspender el señalamiento hasta que se hayan vencido los términos.

El auto en que se señala día y hora para dar la posesión se notifica al denunciante o al apoderado, en su caso, exigiéndole al propio tiempo que manifieste, si no lo ha hecho antes, si hay dueños o denunciantes de minas colindantes o inmediatas de la que se desea adquirir, a fin de citarlos para la posesión, y cuáles son sus nombres y residencias. El comisionado, por su parte, hará las averiguaciones debidas a este respecto, y del resultado de ellas dejará constancia en el expediente.

Si los colindantes —habiéndolos— no residen en el Municipio donde actúa el comisionado, se les citará por medio de exhortos dirigidos a los Alcaldes de los Municipios donde aquéllos tengan su residencia. La posesión no puede llevarse a efecto, en ningún caso, antes de hecha la citación.

Esta es, por regla general, personal; mas si los colindantes o dueños de las minas inmediatas se hallan ausentes, y no han bastado para citarlos las órdenes dictadas, se debe suspender la posesión hasta por noventa días, durante los cuales se mantendrá fijado un edicto, que será también publicado en el periódico oficial del Departamento, de la Intendencia o Comisaría. Pasado este término, si los colindantes no comparecieren, se lleva a efecto la posesión. De todo se deja constancia en el expediente.

En el mismo auto en que se señale día y hora para la posesión, debe hacerse el nombramiento de perito o peritos que han de practicar la mensura de la mina. Este perito o peritos serán nombrados por el comisionado, quien procurará que el nombramiento recaiga



en personas que tengan las aptitudes necesarias para desempeñar bien su cargo; no pocos pleitos y dificultades ocurren por mala mensura de las minas. El perito o peritos se posesionan ante el Alcalde y el Secretario.

Si el denunciante o su representante legal o legítimo lo solicitaren así, el Alcalde comisionará al Inspector o Corregidor donde la mina está situada, para que dé la posesión de ésta.

Los denunciantes de minas están en la obligación de suministrar al comisionado, a su Secretario y al perito o peritos, los alimentos y vehículos del caso. Además, tienen que pagar, por vía de derechos, al Alcalde y Secretario, ochenta centavos por todo miriámetro de la distancia que tengan que recorrer para trasladarse al punto donde va a darse la posesión, y un peso a cada uno por ésta. A los peritos se les deben pagar cuarenta centavos por cada hora de trabajo que empleen en el paraje donde está situada la mina, y ochenta centavos por cada miriámetro de distancia que recorran para trasladarse a ese paraje.

Si la diligencia de posesión llegare a anularse por alguna omisión imputable a los funcionarios o a los peritos, deben los culpables repetir gratis la diligencia; y si esto ya no fuere posible, devolverán los derechos que habían recibido.

Si la posesión no se llevare a efecto en el día señalado por culpa de alguno de los funcionarios cuya asistencia al acto sea imprescindible, serán de su cargo los gastos de dicha posesión, pero si el interesado, con el fin de evitar demoras suministra los gastos para la posesión, en el caso dicho, tendrá derecho para exigirlos ejecutivamente del responsable, jurando su cuantía ante el Juez competente, luego que tal funcionario haya sido declarado culpable.

La posesión se da al interesado mismo o a un representante suyo. Si uno u otro no concurren a recibirla el día señalado para darla, se pierde el derecho y la mina queda desierta para los efectos legales, a menos que demuestre que tuvo impedimento legítimo para ello, caso en el cual la Gobernación devuelve el expediente para que el comisionado haga nuevo señalamiento para dar la posesión.

En caso de anularse la posesión o de no haberse llevado a efecto en el día fijado, por causa legal, se hará nuevo señalamiento dentro de las veinticuatro horas siguientes a la petición, con tal de que no sea para antes de cinco días ni para después de cuarenta.

En estos casos, el Ministerio del Ramo, en repetidas ocasiones, ha dispuesto que debe citarse nuevamente a los dueños o denunciantes de minas colindantes o inmediatas. (Boletín de Minas y Pe-

tróleos, números 23 y 24, páginas 381 a 387. Id. números 91 a 96, páginas 328 a 335).

Ya en el punto de ubicación de la mina, cerciorado el comisionado de que está verdaderamente en el que la mina fue descubierta, y no en otro, se procederá a medir la mina. Esta operación se hará de acuerdo con la base dada en el denuncia. El interesado puede hacer a esta base las alteraciones que quiera, con estas limitaciones: primera: Que con ellas no se llegue hasta salirse del paraje de ubicación de la mina; y segunda: Que no haya minas inmediatas tituladas, avisadas o denunciadas con anterioridad, a menos que los dueños de éstas convengan en las alteraciones.

La Corte Suprema de Justicia tiene establecida esta jurisprudencia:

"Es preciso interpretar el artículo 26 de dicho Código en el sentido de que las minas denunciadas que manda respetar en el acto de la posesión son aquellas cuyo descubrimiento es anterior al de la mina cuya posesión va a darse, pues a no entenderse así tal artículo, sería fácil arrebatarse el derecho al primer descubridor con sólo avisar una mina en el mismo paraje en que se halla la primitivamente descubierta, y anticiparse a dar el denuncia".

Si el comisionado duda de que el punto a donde se le ha conducido para el efecto de la posesión, sea el designado en el denuncia, puede exigirle al interesado que lo identifique plenamente y mientras esto no se verifique, no dará la posesión. Las pruebas se surten ante el mismo comisionado, quien para practicarlas señalará un término prudencial, pudiendo recibirlas allí mismo, y resolverá a más tardar dentro de los tres días siguientes. Si las pruebas se ofrecen y presentan verbalmente en el acto y resultan satisfactorias, se continúa la diligencia de posesión, dejando constancia en el acta de lo ocurrido. El interesado, en caso de negativa injusta para hacer la entrega, puede apelar al Gobernador, Intendente o Comisario.

Si al mismo comisionado al ir a dar la posesión, le pareciere que las variaciones que hace el interesado en la línea que ha de servir de base no son admisibles, suspenderá la diligencia, extenderá un acta en que se explique clara y minuciosamente lo ocurrido y consultará el punto con el Gobernador, Intendente o Comisario. Si este funcionario hallare que el comisionado obró con notoria injusticia y sin motivo razonable de excusa, dispondrá que los gastos de la nueva diligencia de posesión sean de cargo de dicho comisionado.

Cuando el denunciante haya fijado definitivamente la base que deba tenerse en cuenta al medir la mina, no podrá variar su deter-

minación, aunque la diligencia se anule y deba repetirse, a menos que los interesados a quienes esa variación pueda perjudicar conengan expresamente en el cambio.

Al principiar la diligencia, el denunciante manifestará qué número de pertenencias quiere que se le entreguen, si se trata de una mina de veta, y se atenderá su exigencia sin perjuicio de terceros y siempre que tales pertenencias no pasen de tres. Si se trata de una mina de aluvión, manifestará si quiere recibir un cuadrado de tres kilómetros de base o un rectángulo de dos kilómetros de base por cinco de altura. Puede conformarse con una extensión patentemente menor, pero en ningún caso excederán las dimensiones de la base o de la altura fijadas por la ley.

La medida debe hacerse sobre la superficie del terreno, y no calculando su extensión sobre un plano horizontal. Si para esa medida no se tiene a la mano una cadena de ingeniero, puede emplearse una cuerda lo menos elástica posible y cuya longitud sea conocida.

Los ángulos de la figura serán rectos y en cada uno de ellos deben colocarse mojones permanentes y visibles; en la diligencia que se extienda se indicará, con toda claridad y precisión, por medio de objetos permanentes y conocidos, los lugares en donde quedaron colocados los mojones, para que la mina sea fácilmente identificable en cualquier tiempo y para que se sepa con exactitud qué fue lo que se midió y entregó. El Alcalde está en el deber de presenciar la mensura que hagan los peritos.

Si al darse la posesión de la mina tropezare alguna de las líneas de la base o de los costados del rectángulo con las pertenencias de otra, de la cual se haya dado posesión anteriormente, se continuará siempre la mensura de modo que la mina tenga la forma que prescribe la ley, pero se hará constar en el acta de posesión y en el título de la mina, que el rectángulo que se adjudica queda afectado en su forma y extensión con la supresión de la porción que está ya adjudicada; aunque la mensura se haga así, el interesado actual no adquiere dominio ni posesión sobre la porción ya adjudicada.

Cuando en las minas de filón sea imposible conseguir la base de 240 metros porque sea menor la distancia entre dos minas adjudicadas, se le dará a la base la extensión que las circunstancias permitan, pero no por eso se aumentará la altura. Podrá sí ensancharse la latitud, en cuanto lo permitan las minas inmediatas, sin exceder de los 240 metros.

Si se trata de una mina que se ha denunciado como continuación de otra, hay que tener presente: que la base de mensura es la

longitud o la latitud de la mina cuya continuación se denuncia, según el lado hacia el cual se toma esa continuación; y que no puede quedar espacio libre alguno entre las pertenencias que se habían entregado antes y las que se entreguen por consecuencia del nuevo denuncia; y que si se denuncia la continuación de una mina que aún no se ha entregado, se dará primero posesión de la mina denunciada primitivamente, como principal, y luego de la continuación; y que, si a virtud de lo dispuesto en el artículo 29, inciso 2º del Código de Minas, fuere irregular la figura de la mina cuya continuación se denuncia, se calculará la extensión que debe corresponder al nuevo denuncia, procurando llenar los siguientes requisitos: 1º Que la extensión concedida no exceda de lo que la ley señala; 2º Que se hagan efectivos los derechos que la ley concede al denunciante; 3º Que entre la mina principal y la continuación que se entregue al denunciante no quede espacio alguno libre; 4º Que la figura de la continuación denunciada quede lo más regular posible hacia los lados por donde puedan denunciarse nuevas continuaciones.

Si antes de darse la posesión quedare desierta o abandonada la mina principal cuya continuación se denuncia, el denunciante de ésta se reputará como primitivo denunciante y tendrá derecho a hacer las variaciones y alteraciones en la base de acuerdo con lo dicho anteriormente.

Si se trata de excesos, lo primero que debe hacer el comisionado al recibir las diligencias del Gobernador, Intendente o Comisario, es dictar un auto mandando notificar al dueño de la mina y al que pretende la adjudicación del exceso, que dentro de veinticuatro horas nombre cada uno un perito para la mensura; si la notificación no puede hacerse personalmente, se procederá como para la citación a los últimos poseedores de una mina, cuando no son conocidos, o cuando se ignoran su residencia y vecindad.

Si los notificados no hicieren oportunamente el nombramiento de perito, debe hacerlo el comisionado.

La mensura, en cada caso, se hace tomando por base la que sirvió para dar la posesión al descubridor; si dicha base no es clara, se tomará la que se indicó al pagar el primer impuesto, y si todavía ésta no está bien determinada, se tomara por tal, cualquiera de los extremos que elija el poseedor de la mina. Es bien entendido que al pagar el primer impuesto debieron indicarse la situación y los linderos de la mina, como la ley lo ordena.

Después de practicada la mensura, en cualquiera de los casos dichos, el comisionado pone en posesión de la mina al denunciante.

Por último, se extiende la diligencia, que firman el Alcalde, los



peritos, el que recibe la posesión y el Secretario, o en su defecto, dos testigos idóneos debidamente juramentados.

El expediente debe remitirse a la Gobernación, Intendencia o Comisaría, a costa del interesado, para los efectos de la solicitud del título.

En las adjudicaciones de minas de oro corrido entran los cauces de las aguas, sin perjuicio de derechos legítimos adquiridos anteriormente por un tercero y siempre que no se trate de ríos navegables, y del cauce del río Cauca y sus márgenes hasta donde alcance en sus mayores crecientes.

(Véanse los modelos 6 a 12).

## XI

### Oposiciones

Las oposiciones son medios defensivos que la ley otorga a los avisantes y a los adjudicatarios de minas contra las pretensiones de terceros que se crean con mejor derecho, en todo o en parte, a los mismos minerales.

Por regla general es término hábil para hacer oposiciones, desde que se admite la denuncia hasta el día en que debe desfijarse el cartel.

Los últimos poseedores pueden oponerse, cuando han sido citados personalmente, dentro del término de la distancia y veinte días más, aunque ya esté desfijado el cartel. Estos mismos, cuando no han sido citados personalmente sino por medio de edicto, pueden oponerse dentro de los treinta días siguientes a la desfijación de dicho edicto.

Al tiempo de darse la posesión pueden oponerse:

1º Los colindantes, cuando crean que con la medida se comprende el todo o parte de sus minas; y

2º La persona que, por razón de un descubrimiento anterior, pretenda mejor derecho a todas o parte de las pertenencias que van a entregarse. Advirtiéndose que si antes de desfijarse el cartel, ya el opositor tiene título de su mina, éste debe formular su oposición antes de tal desfijación, pues la oposición que puede hacerse en el acto de la entrega, es la de aquellos que no han tenido todavía adjudicación de la mina y van a que se decida por el Juez cuál de los denunciados tiene mejor derecho a que se le adjudique la mina o parte de ella.

La oposición puede hacerse por el interesado en persona, por el que exhiba poder suyo, por el que está actualmente encargado



de la mina o por cualquiera otra persona que dé fianza ante el empleado que recibe la oposición, de que la parte por quien habla aprobará el acto como ejecutado por ella misma. La fianza tendrá por objeto responder al denunciante de los perjuicios que se le ocasionen por la oposición en caso de que no sea aprobada. El que reciba la oposición debe fijar allí mismo la cuantía de la fianza, con criterio prudencial, y aceptada ésta, debe oír la oposición.

Las oposiciones se formulan por escrito, pero también pueden introducirse de palabra, extendiéndose en este caso la respectiva diligencia, debidamente autorizada por todos los que intervienen en el acto. No sólo pueden formularse ante el comisionado para dar la posesión, sino también ante el Gobernador, el Intendente, el Comisario Especial o ante el Juez que haya de conocer de la causa originada por la oposición. En estos casos se hará por escrito y el memorial será remitido inmediatamente al comisionado para que éste a su vez remita el expediente al Juez competente.

Los opositores, en el momento de formular su oposición, no tienen obligación de presentar prueba ninguna para fundamentarla, pero sí deben manifestar de una manera clara, el motivo legal en el cual la funden, tales como tener título de todo o parte de la mina denunciada, ser colindantes, tener mejor derecho por razón de un descubrimiento anterior, etc. El que oye la oposición no tiene atribución para rechazarla, pues esto es de la exclusiva competencia del Organismo Judicial, a menos que la oposición se haga fuera de los términos legales. El comisionado o quien recibe la oposición sí puede, cuando se trate de apoderados, recomendados o encargados de la mina, ver si tienen personería suficiente para hacer la oposición. Los poderes que se presenten deben estar autenticados debidamente, y si se trata de recomendados o encargados de la mina, debe aducirse la prueba suficiente.

El Ministerio del Ramo dice:

"De modo que si únicamente ciertas personas pueden presentar oposiciones y hay un término para hacerlas, es la autoridad ante quien se presentan la que debe decidir sobre uno y otro punto antes de remitirlas al Poder Judicial. Es decir, la autoridad administrativa examinará si la oposición ha sido presentada por persona competente y dentro de tiempo hábil. Pero fuera de esto no tiene al respecto ninguna otra atribución, y en ningún caso le corresponde entrar a calificar en sí la oposición, lo que es de la competencia exclusiva del Poder Judicial". (Boletín de Minas y Petróleos, número 66, página 25).

La oposición u oposiciones que se hagan antes de la desfijación del cartel no interrumpen el término de la fijación de aquél; concluído tal término, el Alcalde comisionado remitirá el expediente al Juez en lo Civil del Circuito de la ubicación de la mina con las oposiciones presentadas. Las oposiciones que hagan los últimos poseedores antes de la desfijación del edicto, cuando hayan sido citados en esta forma, tampoco interrumpen el término respectivo y deben remitirse a dicho Juez una vez desfijado tal edicto.

Las oposiciones que se hagan en el acto de la posesión suspenden ésta y deben remitirse con el expediente al Juez competente.

El Juez competente para conocer de las oposiciones es el Civil del Circuito de la ubicación de la mina, pero si ésta estuviere situada en varios Municipios que pertenezcan a distintos Circuitos Judiciales, el comisionado remitirá el expediente al Juez que elijan los opositores o la mayoría de ellos; en caso de igualdad o de que ningún opositor hiciere manifestación alguna a este respecto, se remitirá el expediente al Juez del Circuito a que pertenezca el Municipio donde reside el comisionado.

Sin necesidad de prevención alguna, es un deber del opositor u opositores, presentarse al respectivo Juez a formalizar su oposición, en el término de la distancia y nueve días más, término que se cuenta así:

a) Si la oposición se ha hecho antes de la desfijación del cartel, el término se cuenta desde el día en que concluya el de la fijación del cartel;

b) Si la oposición se ha hecho por los últimos poseedores, tal término debe contarse desde el día en que se hizo la oposición, y

c) Si la oposición se ha hecho en el momento de darse la posesión, dicho término se cuenta desde ese día.

El término de la distancia se computa a razón de tres miriámetros por día. El opositor debe formalizar su oposición ante el Juez del departamento aunque el expediente no haya llegado.

Si el Juez decide que el opositor no debe asumir el papel de actor, el denunciante tiene seis días para formalizar su demanda a partir de la notificación que se le haga.

## XII

### Títulos

Dentro de sesenta días hábiles, a contar de la fecha de la posesión, debe solicitarse al Gobernador, Intendente o Comisario Espe-

cial la expedición del título de la mina. Si se deja correr este término sin hacerse esta solicitud, se pierde el derecho a la mina la cual se considera abandonada, pero puede recuperarse, si el interesado la denuncia antes de que sea avisada por otro.

Para solicitar el título no hay necesidad de presentar escrito: basta —y esto es lo necesario— pagar en la Administración de Hacienda Nacional los derechos correspondientes, cuatro pesos (\$ 4.00), y consignar en la Secretaría de Hacienda cincuenta pesos (\$ 50.00) en estampillas de timbre nacional con el papel sellado necesario para la expedición del título. Ordinariamente, se exigen de tres a cinco sellos de papel que es lo que comúnmente se gasta en la expedición de un título cuando no ha habido juicio, pues cuando lo ha habido, como hay que insertar algunas piezas de éste, debe suministrarse más papel a fin de no perder el derecho al título.

La falta de papel sellado en la expedición del título, no puede suplirse con papel común para habilitarlo luego, como se hace en la tramitación. De modo que si no se suministra el papel suficiente, la mina puede quedar abandonada.

El interesado al entregar el comprobante del pago del impuesto, las estampillas y el papel sellado, debe exigir que en el mismo expediente se deje constancia de la consignación hecha y de la fecha precisa en que se hizo.

La expedición del título con posterioridad al vencimiento de los sesenta días no causa el abandono de la mina, pues basta que el interesado haya hecho en tiempo oportuno las diligencias anotadas.

Al título deben adherirse las estampillas de timbre nacional dichas y anularse debidamente; aquél debe registrarse en la oficina de registro del circuito respectivo dentro de los noventa (90) días siguientes a la fecha de su expedición. Empero, puede registrarse en cualquier tiempo, pero si se ha dejado transcurrir el término, hay que pagar en la administración de hacienda nacional un recargo del cincuenta por ciento (50%) en relación con los cuatro pesos (\$ 4.00) de los derechos de título que se pagaron cuando éste se solicitó.

La matrícula de la propiedad inmueble se aplica también a las minas tituladas, como inmuebles que son, y se lleva en las mismas Oficinas de Registro.

La matrícula se hace de oficio o a petición de parte, pero el Registrador cobra por este servicio de dos a cinco pesos (\$ 2.00 a \$ 5.00).

Esta matrícula tiene por objeto poner de manifiesto, en todo tiempo, el estado jurídico completo de cada inmueble. La matrícula de que aquí se trata es distinta de la proyectada matrícula minera.

Tanto los libros de registro como los de la matrícula ordinaria, pueden ser examinados por cualquier persona, de modo que si un minero desea conocer el estado jurídico de una mina, por lo que respecta al registro y matrícula ordinaria, puede pedir que se le exhiban tales libros.

La fecha del título es la del aviso; si no hubiere constancia de ésta, es la del escrito de denuncia o la de la solicitud del título o mensura, en los casos en que puede prescindirse del denuncia; si no hubiere constancia de ninguna de las anteriores, la fecha del título es la de la diligencia de posesión, y si tampoco hubiere constancia de ésta, la fecha será la misma de la expedición del título. La revalidación de un título no altera su fecha.

Quien no tenga su título debidamente registrado no es poseedor regular y por consiguiente no goza de las acciones que consagra el Código de Minas a favor de esta clase de poseedores.

Si se pierde el título, puede pedirse que se expida nuevamente y así deberá hacerse siempre que conste en el expediente o se compruebe fehacientemente que el título que se dice perdido se expidió en realidad, y siempre que se acredite el pago del impuesto. Este derecho no sólo lo tiene el denunciante, sino el que compruebe, a juicio del Gobernador, Intendente o Comisario Especial, que es representante, por una causa legal, de los derechos que en esa mina o parte de ella tenía aquel denunciante.

Pueden revalidarse los títulos expedidos antes de la vigencia del actual Código, y, obtenida la revalidación, se hace el título de igual condición a los expedidos durante la vigencia del Código. La revalidación puede pedirse no sólo por el denunciante, sino también por la persona que acredite ser representante de los derechos de ese denunciante. La revalidación no es formalidad esencial, pues los títulos antiguos conservan todo su valor conforme a las leyes en vigor cuando ellos se expidieron. La revalidación del título tiene por objeto hacer al interesado de igual condición a los que tengan la posesión y los títulos obtenidos conforme al Código vigente.

El título minero, debidamente registrado, es una prueba plena de que el Estado le ha cedido al adjudicatario la posesión y propiedad de la mina. Este título es eficaz mientras el interesado no abandone la mina por falta del pago puntual del impuesto anual o por falta de explotación, cuando la mina quede sujeta a esta condición.

El título da derecho:

a) A que las autoridades públicas, ya sean del orden administrativo o judicial, según el caso, le presten el debido apoyo en la conservación y goce de sus derechos;



- b) A explotar la mina en toda su profundidad;
- c) A explotar la mina adjudicada como de oro, plata, platino o cobre, sea cual fuere la proporción en que se efectúe la aleación natural de todos o de algunos de ellos entre sí, o con otros metales, y
- d) A que el dueño de una mina de filón pueda apropiarse todos los productos minerales que se encuentren dentro de sus límites, aunque no hayan sido denunciados, siempre que sean de los adjudicables (artículo 9º de la Ley 38 de 1887).

Sobre el aparte d) anterior dice la Corte Suprema de Justicia:

"Lo dispuesto en el artículo 9º de la Ley 38 de 1887, por la cual se adopta el Código de Minas del extinguido Estado de Antioquia, no debe entenderse ni aplicarse sino tratándose de minas de filón denunciables, según el mismo Código y demás leyes sobre la materia".

El Ministerio del Ramo tiene establecido lo siguiente:

"Al dueño de una mina pertenecen todos los productos minerales que se encuentren dentro de sus límites, aunque no hayan sido denunciados", dice el artículo 9 de la Ley 38 de 1887. La última parte de la disposición transcrita deja ver que ella se refiere a las minas **denunciables**, y en armonía con el texto copiado puede el dueño de una mina de filón de oro explotar también el platino, la plata y el cobre que pueda hallarse dentro de la misma mina; no así el plomo, el zinc, el estaño y los demás minerales no denunciables, los cuales si se encuentran en terrenos baldíos o en terrenos adjudicados con posterioridad al 28 de octubre de 1873, pertenecen a la Nación, y sólo pueden explotarse en consonancia con lo dispuesto en el artículo 110 del Código Fiscal y con los decretos reglamentarios del mismo". (Resolución de 21 de noviembre de 1930, Boletín de Minas y Petróleos, números 23 y 24, pág. 412).

El citado Código Fiscal dice que quien explote una mina o un depósito sin previo contrato con el Gobierno, siendo de las no adjudicables, se considera como responsable del delito de hurto.

Los títulos de minas deben registrarse en el libro primero. De otra suerte no quedan bien registrados. Para mayor seguridad, deben registrarse también en el libro duplicado del primero.

### XIII

#### **Mazamorreo, barequeo, bateo o lavadero de pobres**

Sin necesidad de título ninguno puede ejercerse la industria po-



pular conocida con el nombre de mazamorreo, barequeo, bateo o lavadero de pobres, la cual consiste en la operación de lavar las arenas auríferas superficiales de los lechos y de las playas de los ríos y corrientes de aguas de uso público.

La ley reconoce este derecho y el Gobierno lo garantiza en todo momento.

También se tolera el laboreo en pequeño de las minas reservadas, mientras no hayan sido contratadas.

El Ministerio del Ramo reglamentó esta industria en su Resolución número 290 de 1939, que en su parte resolutive dice:

"Artículo primero.—Entiéndese por **mazamorreo, bateo, barequeo o lavadero de pobres** la operación de lavar las arenas auríferas superficiales de los lechos o de las playas de los ríos y corrientes de uso público. Toda otra operación, como perforaciones o excavaciones en mayor o menor escala, derivaciones transitorias o parciales del lecho de los ríos o corrientes en mención, se consideran como verdaderos trabajos de explotación de minas y en consecuencia no podrán verificarse sin el correspondiente título de propiedad o concesión.

"Artículo segundo.—En las regiones o zonas donde se hayan establecido trabajos de explotación con dragas u otros aparatos, a virtud de concesiones o adjudicaciones de minas, los moradores pobres podrán ejercer en ellas el derecho de mazamorreo, tal como lo define el artículo anterior, en el número que a bien tengan, siempre que lo hagan fuera del radio adonde naturalmente alcanza la acción de la maquinaria para la explotación, y en todo caso a una distancia radial no menor de doscientos (200) metros del sitio donde aquélla funciona.

"Artículo tercero.—No podrá ejercerse el mazamorreo cuando con él se perjudiquen las habitaciones de particulares, las obras públicas, las poblaciones y las aguas de que ordinariamente se hace uso en ellas o en los establecimientos agrícolas, fabriles o industriales en general. Se entiende por obras públicas las mencionadas en el artículo 3º de la Ley 72 de 1910.

"Artículo cuarto.—Los Alcaldes y demás autoridades políticas cuidarán estrictamente de que no se contravenga a lo dispuesto, y de que la industria de mazamorreo se ejerza en las condiciones y dentro de los límites fijados en la presente Resolución. Corresponde asimismo a dichos funcionarios resolver las quejas o querellas que promuevan los dueños o concesionarios

de minas o los dueños de predios riberaños, así como los mineros pobres, por razón del ejercicio del derecho de mazamorreo".

#### XIV

#### Explotación formal de las minas

Para la conservación de la propiedad de las minas, se necesita, a más del pago del impuesto anual, que la mina haya entrado en explotación formal, dentro de los términos fijados por la ley.

En 1932 se fijaron cinco (5) años, contados desde el 13 de febrero de tal año, para que las minas fueran puestas en explotación formal, siempre que hubieran sido tituladas antes de esa fecha. Este plazo se prorrogó luego hasta el 31 de marzo de 1938, y posteriormente, en 1942, se prorrogó este plazo desde el 21 de marzo de este año hasta el 31 de marzo de 1944, pagando durante esta última prórroga el impuesto doble para aquellas minas que debían estar en explotación. También se dispuso que las minas que antes de esta última prórroga hubieran caído en abandono por falta de explotación, no se reputan desiertas si no han sido avisadas como abandonadas.

Para las minas tituladas después del 13 de febrero de 1932, los cinco años se cuentan desde la fecha en que haya sido expedido el título, de modo que las prórrogas antes dichas cobijan también aquellas minas cuyo título se expidió después de la fecha anotada y que debieron ponerse en explotación antes de tales prórrogas.

Si dentro de los términos dichos, las minas no se ponen en explotación formal, se reputan abandonadas, aunque se haya pagado el respectivo impuesto de anualidad.

Las minas que debían reanudar su explotación al vencerse los tres años después de suspendida ésta, gozan también de la prórroga establecida en 1942, pero vencida ésta se reputarán abandonadas si están también vencidos los tres (3) años, aunque se haya pagado el impuesto correspondiente.

Se entiende que hay explotación o trabajos formales en las minas de veta de metales preciosos cuando se tenga por lo menos seis (6) obreros en el laboreo de los minerales durante cuatro (4) meses continuos o discontinuos en cada año, y, además, existan en buen estado de servicio un molino de tres (3) pisones y un **arrastre** para el tratamiento de los minerales.

En minas de aluvión y en minas de cobre se considera que hay explotación o trabajos formales cuando se han empleado en el labo-

reo diez (10) mineros por lo menos durante cuatro (4) meses continuos o discontinuos en cada año.

Igualmente se entiende que hay explotación o trabajos formales cuando se compruebe satisfactoriamente que se han ejecutado labores de exploración, explotación o de instalación para el beneficio de los minerales que representen una inversión anual no menor de seiscientos pesos (\$ 600.00).

Cuando una mina no pueda trabajarse independientemente por falta, escasez o deficiencia de aguas o de tongas, la explotación o trabajos formales exigidos se aplicarán al grupo de minas que obligadamente tengan que beneficiarse en combinación o en común, pero cada una de las minas pagará el respectivo impuesto ordinario.

Cuando una persona o entidad posea una extensión continua de territorio minero que abarque varias minas, se considerará dicha extensión como una sola mina para los efectos de la explotación o trabajos formales, siempre que tenga un establecimiento minero de importancia industrial correlativa a la extensión abarcada por los títulos correspondientes.

Igualmente se considerará una extensión continua de territorio minero que abarque varias minas, como una sola, para los efectos de estimar que ha habido explotación o trabajos formales, siempre que se compruebe satisfactoriamente que se han ejecutado labores de exploración, explotación o de instalación para el beneficio de los minerales que representen una inversión anual no menor de mil ochocientos pesos (\$ 1.800.00) y que se compruebe, además, que estas labores conducen a la explotación técnicamente adecuada del conjunto.

Dentro de los primeros tres (3) años contados desde la titulación de una mina, ésta paga impuesto sencillo conforme a las tarifas que adelante se verán, y sigue pagando el mismo impuesto sencillo mientras esté en explotación formal, pero para que haya derecho al pago de ese impuesto sencillo, vencidos los tres años desde la titulación, es menester comprobar que la mina está en explotación formal, bien sea que se explote independientemente o por grupos, según lo dicho antes. Para esto, el interesado presentará en la Administración de Hacienda Nacional, al ir a pagar el impuesto, una atestación del Gobernador, Intendente o Comisario Especial respectivo en que conste que en el año anterior se han cumplido los requisitos establecidos sobre la explotación formal de esa mina.

Estos funcionarios, para expedir tal atestación, pueden exigir que el interesado les presente pruebas de que la mina está en explotación formal. Tales pruebas se practican a costa del interesado.

Los dueños de minas redimidas a perpetuidad también deben presentar esa prueba, si desean que en determinados años no se les cobre el impuesto predial nacional, por estar o haber estado en explotación.

La no presentación ante la Administración de Hacienda Nacional de la atestación dicha, hace presumir que la mina no está en explotación formal y da lugar al pago correspondiente del impuesto doble.

## XV

### Requisitos para la explotación de minas de oro y esmeraldas

Toda explotación de minas de oro, ya se trate de **pequeña industria** o de **empresas propiamente dichas**, requiere licencia previa y escrita otorgada por la respectiva oficina de Control de Cambios y Exportaciones, por la Prefectura de Control o por las Inspecciones Nacionales del Comercio de Oro.

Cuando una empresa minera explote un grupo de minas continuas, aun cuando estén ubicadas en distintos municipios, no estará obligada a obtener sino una licencia de explotación, en la cual se hará mención de todas las minas que ampara; si las minas no son continuas, deberá solicitarse y obtenerse licencia diferente para cada una de ellas.

La licencia se otorga por el término de un año y deberá solicitarse la renovación antes de su vencimiento. Tal licencia podrá cancelarse, cuando se compruebe que de ella se está haciendo uso indebido, cuando deje de cumplirse alguna de sus cláusulas o cuando la empresa ha violado disposiciones legales sobre el control del oro.

Las explotaciones mineras de oro se dividen en dos clases, para los efectos del control de oro: **empresas propiamente dichas** y **pequeña industria**.

**Empresas propiamente dichas.**—En las minas de aluvión, son aquellas en que se emplean bombas mecánicas, monitores, elevadores, palas excavadoras mecánicas, dragas, etc.; y en las de filón o veta, se consideran como tales todas aquellas empresas que tienen un montaje o equipo superior al de la **pequeña industria**.

Las **empresas propiamente dichas** tienen las siguientes obligaciones:

- a) Obtener la licencia de explotación de que se habló antes;
- b) Remitir al Banco de la República, directamente o por medio de las Casas de Moneda o de las de Fundición y Ensayes, la totali-

dad del oro producido, dentro del plazo de quince días, más el término de la distancia, contado desde la fecha en que termina el proceso de producción característico de cada explotación. Les queda, por tanto, prohibido vender a particulares parte alguna del oro producido, aunque éstos estén provistos de licencia para comerciar en oro;

c) Llevar un libro registrado en la respectiva Cámara de Comercio, en el cual anotarán sucesivamente y sin raspaduras y enmendaduras, las fechas de cada lavada o recogida, su producto en castellanos o en gramos, la fecha de la entrega del oro al Banco de la República, el número de las barras y su valor en dólares y en pesos colombianos, y

d) Remitir al final de cada mes a la Prefectura de Control una relación detallada de las cantidades de oro producidas en el mes que finaliza, acompañada de la certificación del Banco de la República o de las Casas de Moneda o de Fundición y Ensayes, sobre la cantidad de oro entregada en el mismo mes. Cuando se trate de un grupo de minas discontinuas, en la relación debe especificarse el producto de cada una de las minas explotadas, para los efectos estadísticos.

**Pequeña industria.**—En las minas de aluvión se entiende por **pequeña industria** toda explotación en la cual no se emplee maquinaria alguna, y en las minas de veta o filón, los trabajos de los mineros pobres que muelen los minerales a mano, en piedras o morteros, y aquellos en que esta operación se efectúa por medio de cimbras o de pequeños molinos de pisones, siempre que el número de ellos no exceda de diez de peso corriente.

Las empresas de **pequeña industria** tienen las siguientes obligaciones:

a) Obtener la licencia de explotación antes dicha y solicitar su renovación oportunamente;

b) Vender el oro extraído al Banco de la República o a los compradores particulares que estén provistos de licencia para comerciar en oro, y

c) Informar al final de cada mes, por telégrafo o por carta, a la Prefectura de Control sobre las cantidades de oro obtenidas en el mes correspondiente, indicando si fueron vendidas al Banco de la República o a un comprador autorizado, con mención, en este caso, del nombre y domicilio de dicho comprador.

Los que se dedican a la industria del **mazamorreo** no necesitan licencia para la extracción del oro, pero sí están obligados a venderlo al Banco de la República o a los compradores que estén provistos de licencia para comerciar en oro.



Las minas de **esmeraldas** y de **berilo** no son hoy adjudicables, pero sí lo fueron en otra época durante la cual se hicieron adjudicaciones de minas de esmeraldas a particulares.

Para explotar minas de esmeraldas de las adjudicadas, aunque estén redimidas a perpetuidad, se necesita licencia del Gobierno, acreditar que se es propietario legítimo de la mina y que tiene la posesión regular de ella.

Las **esmeraldas, morrallas y marmajas** extraídas de las minas de particulares, se presentarán al Ministerio de Hacienda donde se clasificarán y avaluarán por cuenta del interesado. En seguida se empacarán, se cerrarán y se le dará al interesado una guía para su exportación y comercio.

El dueño de la mina tiene obligación de llevar un libro donde se anotarán diariamente las esmeraldas extraídas. El Gobierno tiene la supervigilancia de la explotación y la entrada libre a todas esas empresas.

## XVI

### Impuestos y derechos

Los impuestos mineros pueden dividirse en tres grupos: **impuestos de adjudicación, impuestos de conservación e impuestos varios.**

**Impuestos y derechos de adjudicación.**—Estos impuestos y derechos se pagan por una sola vez y son los siguientes:

Por el aviso de cada mina, cinco pesos (\$ 5.00) en estampillas de timbre nacional.

Por el denuncia, cincuenta centavos (\$ 0.50) que se pagan en la Administración de Hacienda Nacional, y cinco pesos (\$ 5.00) en estampillas de timbre nacional.

Por el título, cuatro pesos (\$ 4.00) que se pagan en la Administración de Hacienda Nacional y cincuenta pesos (\$ 50) en estampillas de timbre nacional.

Todas las actuaciones hasta la expedición del título van en papel sellado.

Cuando se trata de minas de antiguo descubrimiento hay que publicar el denuncia, por el que generalmente se paga un centavo (\$ 0.01) por cada palabra. El edicto en que se cita a los colindantes ausentes, también se publica y cobran tarifa análoga a la anterior.

Por el registro del título se cobran cuarenta centavos (\$ 0.40) por cada inscripción.

Como las minas son inmuebles, se inscriben en el libro de matrícula ordinaria y por ésta se cobran de dos a cinco pesos (\$ 2.00 a \$ 5.00).

Los portes de correo cuando los pliegos se remiten oficialmente, son de cargo del interesado.

**Impuestos de conservación.**—Este impuesto es anual y se conoce generalmente con el nombre de impuesto de "Estaca".

Debe pagarse por primera vez después que se dé la posesión de la mina y antes de terminar el año común en que tal acto se haya verificado, sin que en este caso haya lugar a rebajar el impuesto por razón de no haber transcurrido un año completo desde el acto de la posesión.

En los años subsiguientes, este impuesto se paga por anualidades vencidas, en la Administración de Hacienda Nacional, antes del 31 de marzo siguiente al año en que se causó.

El pago oportuno de este impuesto es esencial para conservar el derecho a la mina que se ha adquirido legalmente y de la cual se tiene el título correspondiente. Desde que deja de pagarse oportunamente, la mina puede ser denunciada por cualquier persona. No obstante, se recupera el derecho perdido si el dueño de la mina paga antes de que sea denunciada por otro, los impuestos atrasados, con un interés del uno y medio por ciento (1½%) mensual.

Este impuesto se paga así:

Toda mina de veta de cualquiera de los minerales denunciables, excepto el cobre, paga cinco pesos (\$ 5.00) anuales por cada pertenencia o fracción de pertenencia. Si la mina tiene una extensión menor de una pertenencia, pagará siempre cinco pesos (\$ 5.00), y lo mismo pagará todo excedente sobre un número cualquiera de pertenencias.

Toda mina de aluvión de cualquiera de los minerales denunciables que tenga la extensión legal de nueve (9) o diez (10) kilómetros cuadrados, paga un impuesto anual de veinte pesos (\$ 20.00). Si la mina tiene una extensión mayor paga un impuesto anual de veinte pesos (\$ 20.00) por cada extensión de diez (10) kilómetros cuadrados, y por la fracción excedente, si la hubiere, paga también veinte pesos (\$ 20.00) anuales. Si la mina tiene una extensión menor de la señalada por la ley, paga siempre veinte pesos (\$ 20.00) anuales.

Toda mina de cobre paga la mitad del impuesto establecido para las de veta.

Las minas tituladas que no hayan entrado en explotación formal dentro de los términos anotados en el capítulo XIV anterior, pagan

respectivamente un impuesto anual igual al doble del establecido para cada una de ellas, durante los dos años siguientes. Vencidos estos dos años, si la mina no hubiere sido trabajada o explotada formalmente, se reputa abandonada, auncuando se haya pagado el respectivo impuesto. Igual cosa sucede con las minas que se trabajen y luégo se suspendan sus labores por más de tres (3) años.

Estos impuestos y sanción no son aplicables a las minas redimidas a perpetuidad, las cuales quedan sujetas al siguiente impuesto predial:

Las que pasados los cinco (5) años a contar del 13 de febrero de 1932, no fueren explotadas formalmente, pagan cincuenta pesos (\$ 50.00) anuales si son de aluvión y treinta pesos (\$ 30.00) si son de veta. En aquellas en que se interrumpa la explotación por más de tres (3) años, pagan el mismo impuesto, pero éste cesa de cobrarse mientras las minas estén en laboreo.

Las minas por las cuales se estén pagando los impuestos establecidos no son denunciabiles, y los denuncios sobre el particular serán desechados con la comprobación por medio del correspondiente recibo. (Véase el Capítulo VIII anterior).

Las minas de esmeraldas adjudicadas a particulares en otras épocas y que no hayan sido redimidas a perpetuidad, pagan también el impuesto de anualidad o de "estaca", el cual es de cinco pesos (\$ 5.00) por cada kilómetro cuadrado y en proporción a la extensión excedente.

Las minas de esmeraldas redimidas a perpetuidad que no se hallen en explotación formal pagarán el impuesto predial nacional de que se habló antes.

Entre las minas de sedimento que enumera el Código de la materia, sólo las de cobre son denunciabiles, las cuales pagan el impuesto de que antes se habló.

**Impuestos varios.**—Hay otra clase de impuestos que gravan los productos de las minas o éstas mismas como bienes patrimoniales.

Los mineros pagan el impuesto sobre la renta deducido de las utilidades líquidas que obtengan en la explotación de sus minas, según tarifas progresivas, que determina la ley sobre la materia. A más de las deducciones comunes que se conceden a los contribuyentes de este impuesto, los mineros tienen derecho a una deducción razonable por depreciación de mejoras y por agotamiento, siempre que en este caso esa deducción no exceda del cinco por ciento (5%) de la renta líquida obtenida.

La minería de oro no está sujeta al impuesto conocido con el



nombre de **exceso de utilidades líquidas**, mientras esté vigente el denominado **de oro físico**. Este último equivale al quince por ciento (15%) del valor en dólares de las barras o monedas de oro que el Banco de la República compra al cambio del ciento trece por ciento (113%). Corresponde al 5.3% del producto bruto.

La minería de platino está exenta también del impuesto sobre exceso de utilidades líquidas, mientras esté vigente el denominado **sobre giros provenientes de la exportación de platino o sobre el producto de dicha exportación**. Este último tributo equivale al quince por ciento (15%) del valor de los giros o de las exportaciones de platino que el Gobierno compra, por conducto del Banco de la República, al cambio del ciento trece por ciento (113%).

También, todos los mineros pagan el impuesto de timbre sobre giros, que consiste en el uno por ciento (1%) del valor de todo giro, transferencia, letra de cambio, libranza, carta de crédito, etc., etc., sobre el Exterior, o que siendo librados en el Exterior deban ser pagados en Colombia. Además, tales giros pagan un impuesto adicional, para la defensa de la industria del café, de cinco centavos (\$ 0.05) moneda legal colombiana por cada dólar o su equivalente en otra moneda o especie extranjera. Este impuesto representa el 1.1% del producto bruto.

**El impuesto de patrimonio** comprende también las propiedades mineras, las cuales lo pagan cuando no estén en explotación y siempre que los bienes del contribuyente valgan más de \$ 10.000.00 m/l.

Las minas de esmeraldas de propiedad particular, además del impuesto anual, pagan el diez por ciento (10%) del producto bruto de cada cuenta de las piedras extraídas.

### **Reglamentación del pago del impuesto de estaca**

Como se dijo antes, este impuesto debe pagarse por primera vez, en el mismo año común, antes del 31 de diciembre, en que se haya dado la posesión de la mina, y en los años posteriores, antes del 31 de marzo del año siguiente a aquel en que se causó el impuesto. De otro modo, la mina queda abandonada.

El impuesto se causa por el año común, de 1º de enero a 31 de diciembre.

El pago se hace anualmente en la Administración de Hacienda Nacional de la capital del Departamento, Intendencia o Comisaría Especial. También puede hacerse este pago en cualquiera de las Administraciones de Hacienda Municipal, pero el impuesto no se reputa pagado sino cuando haya ingresado en las cajas de la respectiva Ad-

ministración de Hacienda primeramente dicha, pues "sólo tales administradores pueden expedir recibos que comprueben legalmente el pago".

El Ministerio del Ramo, al contestar una consulta sobre el párrafo anterior, dijo:

"...El impuesto debe pagarse en la Administración de Hacienda Nacional del Departamento, Intendencia o Comisaría o en la Tesorería General de la República, oficinas que son las que corresponden a aquellas de que habla el artículo citado (el 158 del Código de Minas).

"De modo que el Ministerio no puede autorizar, porque no está facultado para ello y porque sería ir contra lo establecido por la ley, que se haga el pago en una oficina distinta de las indicadas.

"Debe advertirse, eso sí, que, según el inciso segundo del artículo citado, la consignación del impuesto puede hacerse en cualquiera de las Administraciones de Hacienda Municipal para que se remita a la Administración de Hacienda del Departamento, Intendencia o Comisaría, teniendo en cuenta que el "impuesto no se reputa pagado mientras no ingrese en las cajas de ellas" y que "sólo los Administradores pueden expedir recibos que comprueben legalmente el pago", es decir, los Administradores de Hacienda del Departamento, Intendencia o Comisaría". (Boletín de Minas y Petróleos, números 34 a 36, pág. 208).

Cuando el pago se haga en una Administración de Hacienda Municipal, el funcionario respectivo debe remitir inmediatamente tal impuesto a la oficina principal.

Los recibos que en las Administraciones de Hacienda Nacional se expidan, deben ir firmados por el respectivo Administrador para que sirvan como prueba plena del pago hecho.

Este puede hacerse por cualquier persona a nombre del interesado, conservándose para éste la propiedad de la mina.

Si la mina está en litigio, puede pagarse el impuesto por cualquiera de las partes, pero si ésta es vencida en el juicio y no se declarare temeridad notoria, tiene derecho a que se le restituya la suma pagada, con intereses al uno por ciento mensual.

Al hacerse el pago del impuesto correspondiente al primer año, se exigirá al consignante que manifieste detalladamente la situación, linderos y extensión de la mina, el nombre con que se le distingue y la línea que sirvió de base para su mensura, cuando el título no lo diga.



Los posteriores recibos irán también suficientemente especificados con indicación del dueño de la mina, el municipio, fracción, localidad y paraje donde está situada, su extensión, linderos, nombre con que se le conoce, la suma consignada y la fecha y hora en que el pago se hace, sobre todo cuando se paguen impuestos atrasados.

Cualquier deficiencia en el pago del impuesto, hace que la mina quede abandonada, aunque el error de la liquidación provenga de la Administración de Hacienda Nacional.

Ya atrás se indicó, en el capítulo de la **Explotación formal de las minas**, la manera de comprobar cuándo éstas están o no en explotación, para conocer la cuantía del impuesto anual.

Al hacer el pago no hay necesidad de presentar el título de la mina, pero los datos que suministre el pagador deben concordar con los del título, pues las inexactitudes sólo perjudican al dueño de la mina.

Si el título no indica la extensión de la mina, el consignante debe manifestar qué extensión le calcula y conforme a ésta pagará el impuesto, teniendo en cuenta lo dicho en este mismo capítulo sobre fracciones de pertenencia.

Cada recibo ampara una sola mina, según su clase y extensión. Si en un título antiguo se comprendieron las minas de oro corrido y veta, debe hacerse el pago por separado, atendiendo a la extensión y clase de ellas. Si se pagan los impuestos sólo de las de veta, quedan abandonadas las de aluvión, y viceversa.

Cuando una mina se divida, se considerará cada una de sus partes como una mina diversa, para el efecto de pagar el impuesto, teniendo en cuenta que cada parte debe pagar por pertenencias enteras. Esta división de las minas debe hacerse por escritura pública.

También puede el dueño de la mina abandonar una parte de ella, fijando con toda precisión la porción que quiera conservar al ir a pagar el impuesto y en este caso pagará únicamente el que corresponda a la parte reservada, considerando siempre toda fracción como pertenencia entera para efectos del pago.

Esto es lo que la ley exige para conservar la propiedad de esa parte de la mina, pero como éstas son inmuebles, conviene que igual manifestación, con citación del título y su registro, se haga ante notario, protocolizando allí mismo el recibo en que se alinderó la parte reservada, a fin de que el registrador tome nota de esto en los libros de registro y matrícula.

La parte de la mina que se conserva deberá formar un solo cuerpo en forma rectangular.

Cuando el interesado crea que según los linderos que constan en su título, la mina tiene una extensión mayor de la permitida por la ley para cada clase de minas, podrá pagar en adelante el impuesto que corresponda al exceso que calcula, pagando por cada fracción lo correspondiente a una pertenencia, y conservará así el derecho a tal exceso, siempre que otro no haya adquirido ya derecho preferente sobre él.

Los recibos que expidan y firmen los Administradores de Hacienda Nacional harán plena prueba sobre el pago de los impuestos y no necesitan ser reconocidos. Estos recibos se extienden en esbozos timbrados por el Ministerio de Hacienda.

Además de la constancia que queda en el talonario de cada recibo, se lleva un libro donde se hace el asiento de acuerdo con el contenido de cada recibo. A ese libro se le agregará un índice alfabético, escrupuloso y exacto, para poder consultarlo con facilidad y saber si se ha pagado o no el impuesto.

Los certificados que expidan los empleados de hacienda con referencia a este libro, hacen también plena prueba del pago del impuesto.

Si en juicio se presentan un recibo y un certificado contradictorios entre sí sobre el pago del impuesto de una misma mina, se dará crédito al recibo, pero si el empleado que lo autorizó negare su autenticidad, no tendrá valor el recibo. En todos los demás casos, hará plena fe, aunque no haya podido practicarse la diligencia de reconocimiento, cuando ésta se ha pedido.

Si se pide este reconocimiento, se dejará en el expediente copia de él, la cual se reputará auténtica, en caso de pérdida o extravío del original.

Cuando el dueño de la mina pierda los recibos, podrá solicitar que el respectivo Administrador de Hacienda se los reponga por medio de un duplicado. También puede suplirlos con certificados.

Los recibos que comprueben el pago en tres años consecutivos, hacen presumir el pago de los años anteriores, pero contra esta presunción se admite prueba de la parte contraria.

## XVII

### Servidumbres

Toda adjudicación legal de una mina lleva consigo la condición tácita o derecho a su favor de las servidumbres y uso del terreno necesario para su elaboración, así como de los demás objetos que

se encuentren en el mismo paraje de la ubicación de la mina o en sus inmediaciones.

En consecuencia, el adjudicatario minero tiene derecho a elaborarla, ejecutando todos los trabajos que sean necesarios, inclusive la construcción de edificios, instalación de máquinas y la ejecución de todas las demás obras que tengan por objeto dicho laboreo.

Además, desde antes del descubrimiento de la mina y de su titulación, los predios están sujetos al uso o a las servidumbres accidentales necesarias para buscar, descubrir, catear y elaborar las minas, con las limitaciones vistas en los capítulos III y IV y en el presente.

Las servidumbres que reglamenta el Código de la materia, no son las únicas, sino que pueden establecerse todas aquellas que sean necesarias para la elaboración de las minas.

Las más comunes son las siguientes:

a) **Tránsito.**—Esta servidumbre grava todas las fincas o predios que se interpongan entre la mina y el camino público que conduce a la cabecera del municipio. Además, el dueño de la mina tiene derecho de transitar por todos los predios que sean necesarios para conducir a ella lo que necesite para su laboreo; este tránsito puede ser accidental o permanente.

Si el dueño del predio sirviente creyere que la servidumbre permanente no es necesaria para el laboreo de la mina y el dueño de ésta sostuviere lo contrario, se decidirá el punto por peritos nombrados por los interesados y el tercero por el juez.

b) **Acueducto.**—Toda mina goza de la servidumbre de acueducto sobre los predios que fuere necesario para conducir al lugar de los trabajos el agua que debe servir para ella.

El acueducto o acequia se llevará por un rumbo que permita el libre descenso de las aguas, y que por la naturaleza del terreno no haga excesivamente dispendiosa la obra. Llenadas estas condiciones se llevará por el rumbo que menos perjudique los terrenos cultivados. El rumbo más corto se mirará como el menos perjudicial a la heredad sirviente, y el menos costoso al minero, a menos de prueba en contrario. El funcionario competente conciliará en lo posible los intereses de las partes, y en puntos dudosos decidirá a favor de las heredades sirvientes.

El dueño de la mina tiene derecho a ensanchar el acueducto y a aumentar las aguas en la cantidad necesaria, a medida que así lo exija el laboreo de la mina.

También tiene derecho a hacer todas las construcciones necesarias para asegurar el goce de la servidumbre, y también para im-

pedir que el dueño del predio sirviente ejecute obras que perjudiquen la servidumbre.

Pero el minero no tiene derecho a ejecutar obras con las cuales prive al dueño del terreno del agua necesaria para el uso de su familia, sus animales, sus plantaciones, y cualesquiera especies de máquinas o establecimientos industriales, establecidos o empezados a establecer. Tampoco puede impedir el libre goce de las servidumbres de acueducto que estén establecidas sobre el terreno donde se encuentre la mina, en favor de una población o caserío, o de un predio o máquina de un tercero. Las casas, patios, huertos y jardines que de ellas dependan, no están sujetos a las servidumbres de acueducto.

c) **Extracción de materiales.**—El dueño de la mina tiene derecho de tomar del predio en que ella esté situada y de los demás que fuere necesario, la madera y demás objetos precisos para la construcción de edificios y montaje de maquinarias, y en general para el laboreo de la mina.

e) **Tongas.**—El dueño o dueños de minas, sea de la clase que fueren, si así lo exige la naturaleza del terreno o la posición de la mina, puede establecer tongas fuera de los límites del perímetro de su propia mina, pero sin causar perjuicios a terceros que posean otras minas inmediatas.

Si empezada la obra, los dueños de las minas inmediatas se opusieren, el alcalde acompañado de dos peritos, inspeccionará la obra y si éstos conceptuaren que resulta perjuicio, se le exigirá al que va a ejecutar la tonga que garantice el pago de los perjuicios que puedan resultar, a juicio de peritos.

Cuando la tonga convenga a varias minas, los gastos de ella se harán por los dueños de éstas en proporción al beneficio que a cada uno produzca, a juicio de peritos, en caso de que aquéllos no estén de acuerdo. Si alguno de los dueños de minas superiores no quisiere contribuir con la parte proporcional de gastos, no podrá ser obligado a ello, pero tampoco podrá aprovecharse del trabajo ejecutado por los otros. Cuando resuelva hacer uso de esa servidumbre, deberá pagar la parte que le corresponda en los gastos a satisfacción de los otros, a juicio de peritos, en caso necesario.

e) **Desagüe.**—Si para evitar la inundación de una mina, de la clase que fuere, hubiere necesidad de formar canales de desagüe, podrán éstos hacerse aunque sea principiándolos fuera de los límites de la mina inundada, pero sin causar perjuicio a terceros que posean minas inmediatas. En caso de perjuicios, se procederá a la

inspección y aseguro del pago de los perjuicios, como para las servidumbres de tongas. Cuando el desagüe se haga por medio de máquinas, bombas u otros semejantes, y esto beneficiare a otras minas superiores, los dueños de éstas no podrán aprovecharse de esa obra, sino pagando la parte proporcional que les corresponda, a satisfacción de los que la ejecutaron, y con intervención de peritos, en caso necesario.

f) **Ocupación y uso del terreno.**—Para la construcción de edificios, montaje de maquinarias, construcción de canchas o plazas para depósito de los minerales y materiales, emplazamiento de tanques, torres y de todo lo que sea indispensable para la elaboración de la mina, puede ocuparse y usarse el terreno tanto dentro del perímetro del territorio minero como fuera de éste, ya sea en la superficie o en el interior del suelo.

Dentro de las reglas generales sobre servidumbres, el minero puede constituir las demás que sean necesarias para la elaboración de la mina, como las de aire, luz, derramaderos, vertederos, rumbones, líneas aéreas o subterráneas para cables de acarreo, teléfonos, energía, etc.

Pero no podrá perjudicar las obras públicas ni las poblaciones, ni impedir el libre goce de las servidumbres de acueducto que están establecidas sobre el terreno donde se encuentre la mina, en favor de una población o caserío, o un predio o máquina de un tercero. (Véanse los capítulos sobre "**Minas adjudicables, pero no siempre explotables**" y sobre "**Aguas**").

## XVIII

### **Aguas**

Los mineros no necesitan permiso especial para derivar y aprovechar aguas nacionales para el laboreo de las minas en los casos y con las limitaciones que el Código Minero les otorga tal derecho; así como tampoco para desarrollar fuerza hidráulica, siempre que se la destine al beneficio o explotación de la mina, o para mover maquinarias destinadas exclusivamente al mismo objeto.

El uso y goce de las aguas nacionales no puede gravarse con impuestos departamentales o municipales.

El que dé el aviso como descubridor o restaurador de una mina, adquiere derecho para tomar el agua necesaria para su laboreo, de acuerdo con las reglas siguientes:



El descubridor de la primera mina que se encuentre en un paraje cualquiera, tiene derecho preferente a todos los demás descubridores sucesivos, para tomar el agua necesaria para un establecimiento común, y para las personas de él, a juicio de peritos; este derecho puede hacerlo valer en cualquier tiempo, aunque no haya tenido la mina en laboreo.

Los descubridores posteriores se subordinan a los anteriores en orden riguroso de antigüedad, tomando como base la fecha del aviso.

Pero todo descubridor tiene además derecho para ocupar materialmente las aguas que quiera, siempre que las necesite para el laboreo y que no afecte derechos de anteriores descubridores. Los descubridores posteriores a esta ocupación sólo tienen derecho a los sobrantes de las fuentes respectivas. Los mineros o industriales anteriores que no hayan ocupado esos sobrantes no pueden impedir en manera alguna esa ocupación por un avisante posterior, ni aun con pretexto de ensanchar sus establecimientos primitivos.

Se tendrá como agua sobrante la que queda en la fuente o depósito, después de separar la que pertenece a los dueños de las minas de un descubrimiento anterior, por orden de antigüedad y por derecho de ocupación material.

El derecho a las aguas se pierde y se traspasa con el de las minas, y vuelve con éstas a su calidad de comunes, o pasan al que adquiere la propiedad de las minas, aunque en los contratos no se exprese esta circunstancia, a no ser que el vendedor de las minas las necesite para otras de su propiedad al tiempo de verificarse la venta y las exceptúe expresamente en el contrato.

#### Casos especiales:

a) Si una mina no puede ser elaborada sino con aguas de que se sirve otra mina descubierta antes, el descubridor posterior tendrá derecho a tomar aquellas aguas, siempre que llene los siguientes requisitos:

1º Que conduzca a su costa, a la mina anterior, otra agua suficiente para el laboreo de ella, y

2º Que indemnice al dueño de la mina anterior de todo perjuicio que se le cause con motivo de la variación del agua, ya por razón del mayor cauce que tenga que sostener, ya por la calidad del terreno que atraviere, o por cualquier otra circunstancia.

b) Las aguas que salen de un establecimiento superior donde son utilizadas, pueden ser ocupadas por otros mineros en parajes inferiores, pero si el propietario de la mina superior las necesitare posteriormente, podrá disponer libremente de ellas para otros estableci-

mientos superiores o inferiores al primero, siempre que lo haga dentro del mineral concedido por la denuncia.

Si el dueño del establecimiento superior suspendiere los trabajos de la mina, conservando la propiedad de ella, los establecimientos inferiores podrán usar las aguas de aquél, conduciéndolas por el mismo cauce, previo el pago de su uso y debiendo estos establecimientos inferiores conservar a su costa el cauce en buen estado, sin adquirir derecho ninguno sobre éste. Además, el dueño de la mina superior tiene derecho a que el de la inferior lo indemnice de todo perjuicio por el uso del cauce, y a que le asegure esta indemnización previamente, a juicio del juez del lugar donde esté situada la mina.

c) Los que adquieran minas en propiedad en la parte superior de establecimientos ya montados, podrán usar libremente de las aguas de que éstos se sirven, siempre que no las inutilicen para el uso de las empresas inferiores y que las vuelvan al cauce común arriba de la bocATOMA de éstas.

d) El empresario de minas superiores que hubiere adquirido propiedad posteriormente al dueño de las inferiores, si al verter sus aguas causa perjuicios a estos establecimientos, podrá ser obligado por los dueños de ellos a llevar esas aguas hasta salir más abajo del punto donde se puedan causar perjuicios. Pero si esto no fuere posible, aquél será obligado a indemnizar los perjuicios, estimándolos en caso necesario por peritos.

e) En caso de que un propietario minero cambie sus aguas por otras de distinta fuente, las primeras quedan restituidas a su primitiva calidad común y sujetas posteriormente a las disposiciones de este capítulo.

f) Si una mina queda abandonada, puede cualquier propietario de minas tomar el agua de aquélla para su empresa, siempre que la necesite, a juicio de peritos. El restaurador de aquella mina no puede revivir el derecho al agua que le servía antes a ésta, a no ser que esté vacante al tiempo de la restauración, o que lo quede después en cualquier tiempo.

Los dueños de minas no pueden nunca privar a los de los terrenos del agua necesaria para su familia, sus animales y cualesquiera especies de máquinas que tengan establecidas o empezadas a establecer, y para el riego de sus sementeras.

Las controversias que se susciten por razón de sobrantes de aguas, por el uso de éstas entre los mineros y los dueños del terreno, o por razón de servidumbres, serán dirimidas por peritos nombrados por las partes y un tercero por el juez.

## XIX

**Obligaciones e indemnizaciones a que están sometidos los mineros**

La prospectación, exploración y explotación de minas pueden ejercerse en todo el territorio de la República con sujeción a las disposiciones legales que regulan la materia. Mas, cuando hayan de verificarse en terrenos de propiedad particular cultivados o destinados a la cría o ceba de ganados en forma permanente, o en baldíos ocupados por cultivadores o colonos, será necesario dar aviso al dueño u ocupante de tales terrenos o cultivos, quien no podrá oponerse en ningún caso pero sí hacerse pagar del interesado los perjuicios que se le ocasionen.

Cuando los terrenos de propiedad particular estuvieren cultivados por individuos distintos de los dueños, la indemnización de perjuicios comprenderá por separado a los dueños y a los cultivadores.

Cuando se trate de **cateo, prospectación o exploración** de la mina, el interesado garantizará con una caución suficiente el pago del valor de los perjuicios que se ocasionen al dueño de los terrenos o cultivos. Respecto de los perjuicios por daños en los terrenos o en las mejoras con los trabajos de la **explotación**, el dueño de éstas o de aquéllos puede exigir que el valor de la indemnización se pague anticipadamente, por semestres, según el daño que se calcule en ese período. Si las partes no convinieren en otra cosa, se hará ante el alcalde del municipio un avalúo provisional e inapelable por peritos designados uno por cada una de las partes y un tercero por los dos peritos principales. El pago se hará inmediatamente de acuerdo con el avalúo, sin perjuicio de que las partes puedan pedir la revisión de éste por los trámites indicados por el Código de Minas.

Llegado el momento de fijar y pagar los perjuicios causados con el cateo, prospectación o exploración, si las partes no están de acuerdo, se estimarán por peritos nombrados por éstas y un tercero por el juez, y el pago se hará a más tardar quince días después de hecho el avalúo.

Por lo que hace al dueño del terreno, los peritos tendrán en cuenta todos los perjuicios que sufre el terreno donde la mina está situada, ya por la extensión que de él se ocupe con los edificios y obras de laboreo, ya por las excavaciones que se hagan en su superficie, ya por la naturaleza de tales excavaciones, ya por el número y dirección de los acueductos construídos en él, por los desmoronos que éstos y las excavaciones causen y por todos los demás gravámenes

que pesen sobre el predio sirviente, teniendo además en cuenta las reglas sobre casos especiales de que adelante se hablará.

Cuando se trate de fijar el valor de los perjuicios causados en cultivos de persona distinta del dueño del suelo, se tendrá en cuenta su valor económico al tiempo del avalúo, lo mismo que el de las demás obras anexas a ellos y que se perjudiquen, como las cercas, acequias, caminos y frutos pendientes.

Es regla de equidad en toda indemnización, que ninguno puede enriquecerse sin justa causa.

Además, deben tenerse presentes las siguientes reglas especiales:

a) La indemnización proveniente de una servidumbre de tránsito, sea permanente o nó, se reduce a los perjuicios que se ocasionen al dueño del predio sirviente por razón de tal gravamen y el minero está en la obligación de pagar el valor de tales perjuicios cuando lo exija el dueño del terreno, si no han quedado comprendidos en los que se avaluaron y pagaron por semestres anticipados.

b) Antes de hacerse por los peritos el avalúo de los perjuicios por las servidumbres de tránsito, deben las partes ponerse de acuerdo sobre la clase de servidumbre que se establece, principalmente, sobre si es o no permanente. En caso de desacuerdo sobre este punto, se estará a lo que diga el minero, pero si éste no la estima permanente, será obligado a fijar su duración, y terminada ésta, si necesita seguir haciendo uso de la servidumbre, deberá pagar nueva indemnización.

c) La fijación de los perjuicios inmediatos de una servidumbre de acueducto, se hará cuando la solicite el interesado, siempre que esté concluido el cauce. Esta fijación se hará, en caso necesario, por peritos y el pago se verificará inmediatamente después del avalúo o convenio, si no quedó incluido en el pago semestral.

d) Los perjuicios provenientes de casos fortuitos como derrumbamientos, inundaciones, etc., se pagarán a medida que tales sucesos vayan ocurriendo y su estimación se hará y el valor se pagará en la forma prevenida para las indemnizaciones semestrales y anticipadas.

e) El valor de las maderas y demás objetos que el minero necesite para el laboreo de la mina, se estimarán y pagarán cuando el dueño lo exija, en la forma prevista para el pago semestral anticipado, siempre que no haya sido incluido en éste.

---

Los dueños de minas están obligados a mantener limpios los cauces de los ríos donde arrojen la carga o los desechos del laboreo de las minas, a fin de evitar la represa o desborde de las aguas.

Las autoridades del orden administrativo dispondrán lo conveniente a fin de que se haga efectiva la obligación anterior, pero sus resoluciones sólo se observarán a falta de una decisión judicial.

## XX

### Minas desiertas o abandonadas

Minas desiertas o abandonadas son aquellas que, por haber perdido el avisante o adjudicatario sus derechos, pueden ser denunciadas nuevamente.

Tales son:

1º Las que habiendo sido avisadas, no se denuncian dentro de los 90 días hábiles siguientes;

2º Aquellas cuyo denuncia tuvo observaciones y no se hicieron las correcciones dentro del término fijado;

3º Aquellas que habiendo sido denunciadas como de nuevo descubrimiento, resultaron ser de antiguo descubrimiento y no se hizo la aclaración oportunamente;

4º Aquellas cuyo pliego para la fijación del cartel y entrega de la mina, no fue oportunamente entregado al comisionado, cuando el pliego se llevó a la mano por el interesado;

5º Aquellas en que el interesado no hace practicar las diligencias conducentes para darle curso al denuncia dentro de un año contado desde la presentación de tal denuncia;

6º Aquellas cuyo poseedor y elaborador que teniendo título no emanado del estado, no concurra dentro de los 90 días siguientes al del aviso a demostrar que está en posesión de la mina y que la tiene en elaboración, y a solicitar el título;

7º Aquellas minas abandonadas que se denuncian, bajo otro nombre distinto de aquel que tenían al tiempo del abandono, siempre que por éste sean conocidas;

8º Aquellas en que no se solicita la posesión o entrega dentro del término legal;

9º Aquellas cuyo interesado no concurre a recibirlas en la fecha señalada para ello;

10. Aquellas cuyo título no se solicita dentro del término legal;

11. Aquellas cuyo impuesto de estaca no se paga por primera vez dentro del año común en que fueron entregadas;

12. Aquellas cuyo impuesto de estaca no se paga en los años subsiguientes al de la posesión, antes del 31 de marzo del año siguiente al en que se causó el impuesto;



13. Aquellos excesos por los cuales nunca se haya pagado o deje de pagarse el correspondiente impuesto de estaca;

14. Aquellas partes de la mina que el dueño abandona voluntariamente al hacer el pago del impuesto de la parte alinderada y reservada;

15. Aquellas porciones de mina excedentes de la extensión que su dueño ha calculado como comprendida dentro de su título, al pagar el impuesto del primer año, y que él resuelve expresamente abandonar;

16. Aquellos excesos provenientes de haberse entregado mayor número de pertenencias de las que debían corresponder, según la calidad de la mina, cuando había diferencia entre las de cerro nuevo, conocido o labrado (de 1868 a 1875), si no se promueve el juicio ordinario correspondiente;

17. Aquellas partes de las minas divididas, por las cuales no se pague el impuesto de anualidad correspondiente a esa parte;

18. Aquellas minas amparadas por un mismo título antiguo, en que ha dejado de pagarse el impuesto de anualidad por una de ellas, según su clase;

19. Aquellas cuyo título en 31 de marzo de 1944 haga más de cinco (5) años de haberseles expedido su título, sin que hayan entrado en explotación formal;

20. Aquellas que después del 31 de marzo de 1944 hayan cumplido o cumplan cinco (5) años después de expedido su título, sin entrar en explotación formal;

21. Aquellas cuya explotación formal no se reanude después del 31 de marzo de 1944, al cumplirse los tres (3) años de haberse suspendido su explotación formal, y

22. Aquellas cuyo título se ha anulado.

---

No se reputan abandonadas aquellas minas cuyo denuncia se dio después de los 90 días, si otro no las había avisado; aquellas en que ha habido restitución de términos (véase el capítulo sobre **términos, recursos y restituciones**); aquellas que se recuperan por el pago de los impuestos atrasados; aquellos excesos por los cuales se esté pagando el impuesto anual; aquellas que siendo de antiguo descubrimiento, hayan sido avisadas como de nuevo descubrimiento, siempre que oportunamente se haya hecho la corrección del caso.

Las minas abandonadas pueden ser nuevamente adjudicadas,

siguiendo las reglas generales desde el aviso hasta la expedición del título y además las reglas especiales que en adelante se indican.

Es restaurador el que da el aviso de una mina abandonada o de un exceso de una mina entregada.

El restaurador de una mina adquiere sobre ella los mismos derechos que tenía el primitivo descubridor; en consecuencia, se le entregará la misma extensión que se le entregó al denunciante primitivo, con las siguientes limitaciones principales:

a) Si la mina ha perdido su carácter de adjudicable, no podrá denunciarse, aunque en otra época lo haya sido;

b) El agua de que antes se servía la mina o sobre la que tenía prelación para tomarla, no la recupera el restaurador, a menos que esté vacante;

c) No podrá entregarse al restaurador una extensión mayor de la permitida hoy por la ley, aunque la mina abandonada haya tenido una extensión mayor;

d) El restaurador no tiene derecho a que se le adjudique el exceso que tuviera la mina primitiva. Tanto en este caso como en el inmediatamente anterior, podrá el restaurador denunciar esos sobrantes por separado;

e) Las casas, máquinas, muebles, útiles, etc. del antiguo dueño de la mina abandonada, no los adquiere el restaurador por el hecho del aviso, pues tales bienes siguen perteneciendo al primitivo dueño de la mina.

Los derechos del restaurador se pierden y recuperan lo mismo que los de los descubridores de minas nuevas.

El que avisa una mina como de nuevo descubrimiento, siendo de antiguo descubrimiento, puede adelantar o reformar el denuncia como para mina antigua, con tal que aún no se haya dado la posesión. Si ya se ha dado ésta, volverá a presentarse nuevo escrito de denuncia como para mina de antiguo descubrimiento.

En el escrito de denuncia de toda mina de antiguo descubrimiento, deberá, además de los requisitos exigidos para las denuncias de minas de nuevo descubrimiento, expresarse el nombre, apellido, vecindad y residencia de los últimos poseedores. Si alguna o todas estas circunstancias se ignoraren, se expresará así en la denuncia. También se indicará el nombre con que la mina era conocida al tiempo del abandono, siempre que por éste sea conocida, porque si se denunciare con otro nombre, el que lo hiciere pierde por cuatro (4) años el derecho de denunciar esa mina. Esto no impide que indicado el nombre antiguo de la mina, se le cambie por otro que puede ser el

del mismo paraje donde está ubicada. El nombre del paraje donde está situada la mina, tampoco puede cambiarse ni ocultarse, pues ello es motivo de nulidad del título de adjudicación.

Los denuncios de minas abandonadas se publicarán por una sola vez en el periódico oficial del Departamento, Intendencia o Comisaría Especial y sólo después de pasados treinta (30) días hábiles contados desde que se hizo la publicación, se le dará curso al denuncia.

Si fuere imposible conocer la extensión de la mina primitivamente entregada, o si ésta no hubiera sido entregada, se procederá como si el restaurador hubiera sido primer descubridor, y por consiguiente, en el acto de la posesión, podrá hacer todas las alteraciones que quiera, teniendo en cuenta las limitaciones indicadas para las minas de nuevo descubrimiento.

Para todo lo relacionado con la titulación de las minas abandonadas o de antiguo descubrimiento, deben verse los capítulos sobre aviso, denuncia, oposiciones, posesión, etc., lo mismo que los modelos respectivos.

## XXI

### Excesos mineros

Hay **exceso** en las minas cuando la extensión entregada y titulada es mayor a las dimensiones permitidas por la ley. Así: si en una mina de veta en lugar de una base de 240 se fija una de 260 metros por la longitud de 1.800 metros, hay un exceso que consiste en un rectángulo de 20 metros de base por 1.800 de longitud.

Estos excesos pueden provenir de error en la medida de la mina, de haberse concedido más pertenencias de las que la ley permitía cuando rigieron las disposiciones que clasificaban las minas en de cerro nuevo, conocido o labrado y las entregaban con dimensiones distintas, o de haberse calculado una dimensión menor de la mina al pagar el impuesto.

El dueño de la mina entregada y titulada con un exceso, no necesita que se le haga adjudicación distinta de él; basta, como se dijo antes, que pague el impuesto correspondiente al exceso que calcula, siempre que otro no haya adquirido derecho preferente sobre él. El exceso queda así amparado a favor del dueño de la mina a que accede, sin necesidad de que tenga que pagar por éste impuestos desde que se entregó la mina; es suficiente con que los pague desde que observó que existía tal exceso. Si en lo sucesivo deja de pagar

el impuesto correspondiente al exceso, puede recuperarlo en la misma forma en que se recuperan las minas cuyos impuestos no se pagan oportunamente.

Las demás personas que quieran adquirir un exceso, deben seguir las reglas generales para la adjudicación de minas de antiguo descubrimiento y observar, además, las siguientes reglas especiales:

a) Al dar el aviso se indicará que se trata de un exceso de determinada mina;

b) En el denuncia se determinará con toda precisión la mina bajo cuyos linderos y título está comprendido el exceso y si éste proviene de error en la medida, de mayor número de pertenencias entregadas, o de error en el cálculo de la extensión al pagar el impuesto. (Véase el modelo respectivo);

c) El avisante del exceso no podrá emprender obra alguna de laboreo, mientras no se le dé posesión de él;

d) Si el exceso fuere por consecuencia de haberse entregado mayor número de pertenencias de las que debían corresponder, cuando la adjudicación de las minas de veta se hacía teniendo en cuenta que estuvieran en cerro nuevo, conocido o labrado (de 1868 a 1875), el avisante debe promover juicio ordinario contra el dueño de la mina, dentro de los 90 días hábiles siguientes contados desde la fecha del aviso, a fin de que en la sentencia se fije la calidad de la mina. Si la sentencia es favorable al avisante, se pasará el expediente al funcionario administrativo para que éste designe el comisionado que deba hacer la mensura y dar la posesión;

e) Si el exceso fuere sólo imputable a error en la medida o en el cálculo hecho al pagar el impuesto, el que lo pretenda, dará el aviso y denuncia como para las minas de antiguo descubrimiento con las aclaraciones indicadas en los puntos a) y b) anteriores;

f) Admitido el denuncia, se designará el comisionado para practicar la mensura y dar la posesión, pudiendo, si se cree conveniente, agregar al expediente recibido del juez, el de denuncia de la mina respectiva;

g) El comisionado, apenas reciba el expediente, dictará auto mandando notificar al dueño de la mina y al que pretenda la adjudicación del exceso, para que dentro de 24 horas nombre cada uno un perito para la mensura. Si no pudieren hacerse esas notificaciones personalmente, se procederá como para citar a los últimos poseedores de minas abandonadas (véase el capítulo sobre **posesión y mensura**). Si las partes no nombraren los peritos, los nombrará el comi-

sionado quien en ambos casos designará siempre el tercero; puede designarse un solo perito para tal diligencia.

h) La mensura de la mina de la cual se va a separar el exceso, se hará tomando como base la que sirvió para dar posesión al descubridor. Si esta base no fuere suficientemente clara, se tomará la que debió fijarse al pagar el impuesto del primer año. Pero si ésta no estuviere bien determinada se tomará por base cualquiera de los extremos que elija el poseedor de la mina. La medida se hará de tal manera que la extensión con que debe quedar la mina, separando el exceso, quede comprendida entre la base y una línea que le sea paralela;

i) Como se ha explicado, el dueño de una mina puede abandonar una parte determinada de ella, alinderando la parte que quiere conservar al tiempo de pagar el impuesto anual. Este abandono expreso debe hacerlo el dueño de manera que la parte que conserva se halle en un solo cuerpo y separado del resto por líneas paralelas a la que sirvió de base a la medida practicada para dar la posesión y expedir el título. En este caso, cuando hubiere reclamación por el exceso que puede haber en la parte conservada, y el dueño se hubiere desprendido de la parte de mina contigua a la línea que sirvió de base en el acto de la posesión y que consta en el título, la nueva medida para adjudicar el exceso denunciado no debe empezar en esa base sino en la línea paralela a ella, y más cercana, que debió fijarse al tiempo de hacer el abandono; a menos que el poseedor prefiera que se tome por base la paralela del extremo opuesto. La parte de mina abandonada espontáneamente por su dueño, según lo dicho arriba, se convierte por este hecho en mina desierta y no puede ser denunciada sino como abandonada; ni puede tampoco considerarse como parte de la mina en que estuvo comprendida para ningún efecto legal;

j) Antes de proceder a dar la posesión del exceso, se citará a los dueños de las minas colindantes en la forma prevenida en el capítulo sobre **posesión y mensura**;

k) Si el poseedor de la mina de donde va a desprenderse el exceso o los dueños de minas colindantes se opusieren, se suspende la entrega y se sigue el trámite señalado para las oposiciones. Con todo, puede entregarse la parte del exceso no disputada;

l) Si no ha habido oposición o si ésta se ha decidido favorablemente al avisante, se entregará a éste el exceso que resulte debidamente medido, demarcado y amojonado.



## XXII

**Términos, recursos y restituciones**

En los capítulos anteriores se indicaron los términos o plazos que los mineros tienen para hacer uso de sus derechos y la manera de contar cada uno de esos términos.

Algunos de éstos son perentorios, otros son prorrogables y la mayoría de ellos restituibles o rescindibles.

Así:

a) Los 90 días para dar el denuncia son prorrogables, por ministerio de la ley, mientras otro no haya avisado la misma mina; de modo que si han dejado pasar los 90 días sin denunciar la mina, sin embargo, pueden hacerlo, si otro no la ha avisado.

b) El término para corregir los errores o llenar las deficiencias del denuncia es prorrogable, lo fija el respectivo funcionario y si no se subsanan los reparos hechos dentro del término señalado, la mina queda abandonada, pero si otro no la ha avisado, puede repetirse el denuncia, en forma completa, y surtirá el efecto del caso a) anterior.

c) El término para entregar los pliegos al comisionado que debe dar la posesión de la mina y fijar el cartel, cuando aquéllos se llevan a la mano, es rescindible por restitución, siempre que el interesado compruebe que una enfermedad grave, o una fuerza o violencia, le han impedido conducir el pliego a su destino. La ocupación súbita, grave y urgente apenas interrumpe el término por un día. Dicha prueba se presentará ante el Gobernador, Intendente o Comisario Especial y se calificará por él, pero si hubiere contradicción por un tercero, el asunto se ventilará ante el Organó Judicial, aunque ya haya dictado su resolución alguno de aquellos funcionarios. No obstante, la resolución administrativa no podrá variarse por el Juez, si el pleito se promueve después de dada la posesión.

Restituído el término, se recupera la mina si vuelve a denunciarse antes de que otra persona la haya avisado.

d) El término de un año para practicar las diligencias conducentes a darle curso al denuncia, es perentorio, de modo que vencido ese año contado desde que se presentó el denuncia, la mina quedará abandonada, si por el interesado no se han practicado tales diligencias.

e) Los términos para hacer las oposiciones, bien sea antes de la desfijación del cartel, después de la citación de los colindantes y

de los últimos poseedores o en el acto de la entrega de la mina, son perentorios y por consiguiente no tienen prórroga ni restitución alguna.

f) El término para formular las oposiciones es restituible demostrando ante el juez que haya de conocer del negocio, alguna de las causales enumeradas en el aparte c) anterior.

g) Los términos para pedir la posesión y concurrir a recibir la mina son rescindibles por impedimento legítimo o justa causa legalmente comprobada. La prueba se practicará ante el comisionado para la entrega de la mina y el asunto se resuelve por el Gobernador, Intendente o Comisario.

h) El término para solicitar la expedición del título es rescindible por restitución, siempre que el interesado pruebe plenamente, a juicio del Gobernador, Intendente o Comisario Especial, que una enfermedad grave, una fuerza o violencia, u otra justa causa le impidieron hacer uso de ese término.

Pero si antes de otorgarse la restitución, se hubiere denunciado la mina por otra persona, corresponde al Organismo Judicial declarar si hay o no lugar a la restitución. Esta declaratoria se hará en la sentencia en que se decida sobre lo principal del juicio.

i) Los términos para pagar el impuesto de estaca o de anualidad son prorrogables y rescindibles por restitución, así: si el impuesto se paga con sus intereses antes de que otro haya denunciado la mina, ésta se recupera automáticamente; si ha sido denunciada por otro, el término para el pago del impuesto es rescindible siempre que el interesado pruebe plenamente, a juicio del juez, que una enfermedad grave, o una fuerza o violencia proveniente de una perturbación del orden público, o de cualquier otra causa, le han impedido hacer el pago oportunamente. Ordenada la restitución, el impuesto se reputa pagado puntualmente.

j) El término de tres (3) años para que la mina sea puesta en explotación formal, es perentorio, de modo que si no ha entrado en explotación, hay que pagar el doble impuesto.

k) El término de cinco (5) años para que las minas entren en explotación formal, es perentorio y si no se ha llenado esa formalidad, la mina queda abandonada.

l) El término de tres (3) años para reanudar la explotación de la mina, cuando se ha suspendido, es perentorio y si no se hace, tiene la misma sanción del caso k) anterior.

ll) Los términos generales de tres (3) días para pedir reposiciones o interponer apelaciones son restituibles, demostrando ante el res-

pectivo funcionario alguna de las causales enumeradas en el aparte c) anterior. Cuando se trate de providencias tomadas en la práctica de una inspección ocular, en la entrega de la mina etc., la reposición debe solicitarse allí mismo y también en el mismo acto interponerse la apelación, si el minero cree que sus intereses han sido lesionados.

m) Las providencias de los funcionarios públicos que intervienen en los negocios de minas, son apelables para ante el superior, así: las de los alcaldes para ante los respectivos Gobernadores, Intendentes o Comisarios Especiales y las de éstos para ante el Ministerio de Minas y Petróleos.

n) Las resoluciones administrativas de los Gobernadores, Intendentes y Comisarios Especiales, lo mismo que las del Ministerio de Minas y Petróleos son anulables por los Tribunales Seccionales Administrativos y por el Consejo de Estado.

### XXIII

#### Gastos en la adjudicación de la mina

No pueden fijarse con precisión los gastos que ocasiona la adjudicación de una mina hasta la entrega del título registrado, pues algunos de esos gastos son variables según las distancias que haya que recorrer para la entrega de la mina, las dificultades para su mensura, incidentes que ocurran durante la tramitación, entre los cuales se encuentran las oposiciones que generan pleitos más o menos costosos, la falta de registro oportuno del título, etc.

La titulación normal de una mina puede calcularla muy aproximadamente el interesado, con los siguientes datos:

Al aviso se le adhiere una estampilla de timbre nacional por valor de .....	\$	5.00
Valor del papel sellado para la copia del aviso .....		0.20
Valor del papel sellado para el escrito de denuncia .....		0.20
Derechos de denuncia, pagaderos en la Administración de Hacienda Nacional .....		0.50
Estampillas de timbre nacional que se adhieren al escrito de denuncia .....		5.00
Papel sellado para darle curso al denuncia (3 sellos) ....		0.60
Valor de la publicación del denuncia cuando se trata de minas abandonadas, en el periódico oficial del Departamento, a centavo la palabra, aproximadamente .....		2.50

Papel sellado para la diligencia de posesión (3 sellos) .... 0.60

En esta diligencia de la entrega o posesión de la mina se les paga al Alcalde, a su Secretario y a los peritos a razón de \$ 0.80 a cada uno por cada miriámetro de recorrido, para ir al lugar de la ubicación de la mina.

También se les paga a estos funcionarios, Alcalde y Secretario, \$ 1.00 por la diligencia de posesión, cuando ésta se ha efectuado.

A los peritos se les paga además \$ 0.40 por cada hora de trabajo que empleen en la mensura y amojonamiento de la mina.

Por lo demás, a todo el personal de la diligencia se le suministrará la alimentación y los vehículos necesarios por el interesado.

Obtenida la entrega de la mina, se hacen los siguientes gastos:

Derecho de título que se paga en la Administración de Hacienda Nacional .....	\$ 4.00
Estampillas de timbre nacional que se adhieren al título...	50.00
Papel para la expedición del título (5 sellos) .....	1.00
Registro del título en los libros 1º y su duplicado .....	0.80
Matrícula ordinaria de la mina, de \$ 2.00 a .....	5.00
Si se protocoliza el título, lo cual puede hacerse después de su registro, se pagan los derechos del notario que con la copia de la escritura pública valen aproximadamente .....	5.00
Registro de la escritura de protocolización .....	0.40

### Modelos para la titulación de minas

#### Apertura del libro de avisos

Alcaldía Municipal.....(aquí el nombre del municipio),  
1º de Enero de 19..... En esta fecha se abrió el presente libro para anotar los avisos de minas. Consta de.....fojas en blanco, foliadas y rubricadas por los suscritos Alcalde y Secretario.  
El Alcalde,..... El Secretario,.....

#### I

#### Aviso

Aviso número.....(aquí el correspondiente en letras y números).  
Alcaldía Municipal (nombre del municipio). Fecha y hora en letras y

números. En esta fecha, a la hora expresada se presentó el señor .....(nombre del avisante o recomendado), vecino de....., con cédula de ciudadanía N°..... expedida en.....y manifestó: Que en este distrito, o en este distrito y en el o en los de.....en el paraje....., corregimiento de.....en terrenos de propiedad de .....(si se sabe). (Se pueden expresar otras circunstancias que hagan inconfundible la ubicación), hay una mina de oro, plata, (platino, cobre, etc.) de veta, (aluvión o sedimento), de nuevo (o de antiguo descubrimiento), que se ha conocido con el nombre de.....(si es de antiguo o cuyo nombre anterior se ignora). (Si se conoce el nombre y vecindad del último poseedor, podrá expresarse, y si no se sabe, se dirá que se ignora). El punto preciso donde está ubicado el mineral o de donde debe partirse para la mensura es (aquí un objeto o señal permanente, artificial o natural, clara e inconfundible) (1.) Que deseando obtener la adjudicación de dicha mina para sí (o para fulano, o para sí y para los señores...) .....la avisa legalmente. Se adhieren y anulan estampillas de timbre nacional por valor de cinco pesos (\$ 5.00) m l. y se firma ante dos testigos (aquí los nombres).

El Alcalde, ..... El Avisante,.....  
 El Testigo, ..... El Testigo,.....  
 El Secretario,.....

(1) La casa de ..... o tantos metros al oriente, occidente, etc. de ella: una excavación, única en el lugar, de tales dimensiones aproximadas, situada tantos metros o cuadas arriba o abajo de la desembocadura de tal quebrada, río o amagamiento, arroyo, riachuelo o caída o salto, bien determinado; o cerca a la cima del cerro tal, donde se construyó un mojón consistente en ..... No debe señalarse el punto preciso por medio de árboles o argollas clavadas en éstos, ni estacas, y conviene hacer hoyos de un metro cúbico y llenarse de piedras hasta sobresalir a la superficie e indicar a la vez cerca de qué otras cosas quedan estos mojones para su identificación. Una sola piedra clavada es difícil de precisar en puntos donde hay otras, y se arranca fácilmente. El objeto o señal de referencia no debe quedar a una distancia mayor de tres kilómetros del punto que se fija como de ubicación de la mina o de partida para la mensura. El señalamiento de este punto preciso y claro debe hacerse desde el aviso y reproducirse en el denuncia, los cuales deben concordar claramente. No debe confundirse el concepto "paraje" con el de "punto" para el efecto de las localizaciones de minas. "Paraje" es en lengua usual, una extensión más o menos grande conocida con nombre o nombres determinados. "Punto" es un sitio o lugar preciso de localización: La puerta o entrada de una hacienda o finca, un peñón, la confluencia de dos quebradas, los escombros de un molino, etc. Estas indicaciones deben tenerse en cuenta en la demarcación del perímetro de las minas en la diligencia de posesión, sobre todo en la construcción y localización de los mojones que deben colocarse en las esquinas de la figura, y se encarece su lectura y estudio a los señores Alcaldes. Debe tenerse presente que en la individualización de las minas no sobran pormenores y que si el paraje donde está ubicada la mina que se avisa o se denuncia no tiene nombre determinado, se expresarán los puntos más inmediatos para señalarla,



## II

**Denuncio**

Señor Gobernador del Departamento:

Yo, ..... mayor de edad, con cédula de ciudadanía N<sup>o</sup>..... expedida en ..... , vecino de..... en mi propio nombre o como recomendado o apoderado de..... vecino o vecinos de.... .. respetuosamente expongo lo siguiente:

En el Municipio o Municipios de..... paraje ..... (y punto preciso de acuerdo con el aviso), existe una mina de oro (plata, platino, cobre, etc.), en veta (aluvión o sedimento), de nuevo (o antiguo descubrimiento y abandonada), la cual denuncio para mí (para mí y para el señor..... o los señores..... o para la sociedad o compañía..... cuyo presidente o representante es el señor....., vecino de.....)

Las acciones de veinticuatroava (o centésima), se distribuirán así:

.....  
La mina se llamará.....  
(Si la mina es de antiguo descubrimiento se dirá lo siguiente): La mina se conoció o se ha conocido con el nombre de..... y así continuará llamándose, o se llamará en adelante..... (o dígase si se ignora el nombre anterior). Su último o últimos poseedores fue o fueron el señor..... o los señores....., vecino o vecinos y residente o residentes en..... (Si ha muerto el último poseedor conocido se dirá eso y se expresarán los nombres y vecindades de los herederos o del representante de la sucesión, adjudicatario de la mina, o si se ignora). Si no se conoce el último poseedor se expresará así.

Base de mensura: (aquí el punto preciso, definido y claro, en armonía con el señalado en el aviso, con los pormenores que lo hagan inconfundible y las direcciones de las líneas de longitud y latitud en relación con el punto de partida, de manera que se forme claramente el rectángulo o cuadrado legal (2).

(2) Para señalar la base de mensura pueden emplearse diferentes modalidades. Por ejemplo: del punto de partida se dice trazar una línea hacia otro punto conocido o que señale dirección: hacia el cerro tal o aguas arriba o abajo de un río, quebrada o amagamiento, o hacia el norte, sur o los demás cardinales o intermedios. Esta dirección es aproximada. Si se expresa que esta línea in-

Acompaño copia de la diligencia de aviso N° ..... de fecha..... y consta a continuación el pago de los derechos de denuncia, hecho en la Administración de Hacienda Nacional.

Medellín (o el municipio de donde se dirige el memorial).

Señor Gobernador,

(Firma completa).

### III

#### Denuncios de continuaciones

En estos casos la base de mensura tiene que ser tomada (y expresarse así), sobre el costado respectivo (norte, sur, etc., superior o inferior) de la mina principal, determinándola claramente por su nombre, propietario y las demás circunstancias conocidas. En los otros puntos se observará lo indicado en los modelos anteriores. En la mensura de continuaciones no cabe alteración de la base.

### IV

#### Denuncios de los excesos

En los casos de excesos debe necesariamente transcribirse, tanto en el aviso como en el denuncia, la demarcación de la mina dentro de la cual se denuncia, tomada de la diligencia de posesión del título correspondiente, y expresarse el nombre, vecindad y residencia del dueño actual de dicha mina o si todas o algunas de estas últimas circunstancias se ignoran.

En lo demás pertinente se seguirá lo indicado en los modelos anteriores.

---

dica longitud y se agrega simplemente: la latitud se tomará "a uno y otro lado", quiere decir que la línea longitudinal forma una línea central en el rectángulo dividiéndolo en dos rectángulos iguales, equivalentes cada uno a la mitad de la mina, si no se expresa cuántos metros al uno y cuántos al otro lado. Conviene no confundir "lado" con "extremo". Si se dice "a uno y otro extremo" debe indicarse entonces la dirección de las líneas de latitud, y así la de longitud señalada ya no quedará en el centro ni en parte interior del rectángulo, sino que formará uno de sus costados. Ejemplo: Partiendo del punto señalado se trazará una línea de longitud hacia el norte y la latitud a uno y otro extremo; debe agregarse hacia el oriente u occidente. Constituirá así la línea longitudinal indicada el costado oriental u occidental, según el caso. (Hay otras maneras de describir la formación del rectángulo, admisibles si son claras y precisas).

Deben acompañarse también constancias legales de los pagos que se dicen mal calculados cuando esta sea la causa que se aduzca para la existencia de los excesos.

## V

**Cartel**

El Gobernador del Departamento..... (o el Intendente o Comisario Especial de.....),

**HACE SABER:**

Que el señor (o los señores) ..... denuncia para el señor (o los señores) ..... una mina de (oro, plata, platino y otros metales y decir si es de veta o de aluvión), de antiguo descubrimiento y abandonada, cuyo nombre y últimos poseedores se ignoran (si se conocen, decirlos, expresando la vecindad y residencia), ubicada en el paraje denominado..... del municipio de....., en terrenos de propiedad del señor (o de los señores) ..... Esta mina se llamará en lo sucesivo..... Que se fija como punto de partida para la mensura: "....."

Que el señor Alcalde de ..... ha sido comisionado para dar la posesión y que hasta el día en que debe desfijarse este cartel es tiempo hábil para hacer oposiciones de acuerdo con las leyes del ramo.

El presente cartel permanecerá fijado en un lugar público de la cabecera del municipio expresado durante veintidós días consecutivos, sin contar los de fijación y desfijación y será pregonado en forma legal.

(Lugar y fecha)

Por el Gobernador (Intendente o Comisario Especial)

El Secretario de Hacienda.....

## VI

**Despacho**

El Gobernador del Departamento de (o el Intendente o Comisario Especial) ..... al señor Alcalde Municipal de .....

HACE SABER:

Que el señor (o los señores) .....  
 denuncia para el señor (o los señores) .....  
 una mina de (oro, plata, platino y otros metales y decir si es de veta  
 o de aluvión), de antiguo descubrimiento y abandonada, cuyo nom-  
 bre y últimos poseedores se ignoran (si se sabe decirlos, expresando  
 la vecindad y lugar de residencia), ubicada en el paraje de.....  
 ....., del municipio de.....  
 y en terrenos de propiedad del señor (o de los señores) .....  
 .....Esta mina se llamará en lo sucesivo  
 .....

Que se fija como punto de partida para la mensura: ".....  
 ....."  
 .....

Que el denunció fue presentado el (la fecha completa), y que ha  
 sido comisionado el Alcalde del Municipio de.....  
 para dar la posesión.

La extensión que ha de concederse no excederá de un rectángu-  
 lo de 240 metros de latitud por 1.800 metros de longitud (si la mina  
 es de veta. Si es de aluvión de un rectángulo de 2 kilómetros de lati-  
 tud por 5 kilómetros de longitud, o de un cuadrado de 3 kilómetros),  
 y los mojones de las esquinas o ángulos de la figura, deben ser ob-  
 jetos firmes, permanentes, que resistan la acción del tiempo, descri-  
 biendo su colocación por medio de puntos arcifinios o distancias de  
 éstos.

Cíñase a la circular de esta Gobernación (la de Antioquia) N° 34  
 de 22 de octubre de 1939, publicada en la Gaceta Departamental N°  
 3.000 de 4 de noviembre del mismo año.

(Lugar y fecha)

Por el Gobernador (Intendente o Comisario Especial),

El Secretario de Hacienda.....  
 .....  
 .....  
 .....

VII

Auto por el cual se inician las diligencias en la Alcaldía

Alcaldía Municipal (nombre del Municipio, fecha).

Se recibieron estas diligencias hoy, de manos de (el administrador de correos o el interesado, según el caso).

Fíjese el cartel por el término de veintiún días consecutivos y dénsese los pregones de ley en los días (los tres domingos siguientes a la fijación del cartel).

(Si la mina es de antiguo descubrimiento, se agregará): Cítese al último poseedor de la mina, si se halla en este lugar; de no, líbrese el exhorto del caso.

(Si no se sabe el nombre del último poseedor y su vecindad y residencia, se pondrá esto):

Para notificar al último poseedor, se fijará un edicto, el cual se publicará por bando en dos días de concurso, permanecerá fijado durante treinta días, a contar del segundo pregón, y no se dará posesión de la mina hasta pasados otros treinta días.

El Alcalde,

El Secretario,

## VIII

### Fijación del cartel

Alcaldía Municipal (el nombre del municipio, la fecha y la hora).

Fijado hoy, a la hora dicha, en el sitio de costumbre.

El Alcalde,

El Secretario,

## IX

### Desfijación del cartel

Alcaldía Municipal (nombre del municipio, la fecha y la hora).

Desfijado hoy a la hora dicha.

El Alcalde,

El Secretario,

## X

### Pregones

Alcaldía Municipal (nombre del municipio y la fecha).

En esta fecha se publicó la primera vez por bando el cartel de la mina (nombre de la mina) de que tratan estas diligencias.



El Alcalde,  
El Secretario,

(igual para los demás pregones).

## XI

### Notificación a los últimos poseedores

Si éstos son conocidos, la notificación deberá hacerseles en esta forma: El día (la fecha) a las (la hora) se hizo saber al señor (el nombre del último poseedor) el denuncia de la mina de que fue último poseedor y la resolución de la Gobernación en que se manda dar posesión de dicha mina. Impuesto firma.

El Alcalde,  
El Notificado,  
El Secretario,

(Si el último poseedor no es conocido, se le hace la notificación por medio de un edicto concebido en estos términos):

El Alcalde Municipal de (el nombre del Municipio) a los últimos poseedores de la mina (el nombre de la mina).

### HACE SABER:

Que el señor (nombre del denunciante) ha denunciado como abandonada (se dirá si para sí mismo o para quién) dicha mina la cual (es de veta o de aluvión) está situada en este Municipio, en el paraje (nombre del paraje), en el punto (nombre del punto), y cuya base de mensura es la siguiente: (se copia la base).

El suscrito que ha sido comisionado para dar posesión de tal mina, pone este hecho en su conocimiento para que, si tienen que hacer valer algún derecho, acudan en el término legal y ante la autoridad competente.

La fecha.  
El Alcalde,  
El Secretario,

(Si el último poseedor no reside en el municipio del comisionado, se le hará la notificación por medio de un exhorto concebido en estos términos):

El Alcalde Municipal de (el nombre del municipio) al señor Alcalde Municipal de (el nombre del municipio),

**HACE SABER:**

Que el señor (el nombre del denunciante) denunció una mina situada en este municipio en el corregimiento (nombre del corregimiento), en el punto (nombre del punto), y cuya base de mensura es la siguiente: (se copia esa base).

El señor (el nombre del último poseedor) ha sido designado como último poseedor de tal mina. Y como reside en ese municipio se le envía a Ud. el presente exhorto para que se sirva imponerlo de su contenido y devolverlo oportunamente.

La fecha.  
El Alcalde,  
El Secretario,

**XII****Auto de señalamiento para dar la posesión**

Alcaldía Municipal (el nombre del municipio y la fecha).

En esta fecha se ha presentado el señor (el denunciante o un apoderado revestido del poder suficiente) a pedir se le dé posesión de la mina (el nombre de la mina), de que tratan las diligencias que preceden.

En tal virtud, señálase el día (tal), a la hora (tal). Notifíquese al denunciante (o al apoderado, si fuere el caso), para los efectos legales, y a los dueños o denunciantes de minas colindantes.

Se nombra de perito para medir la mina al señor (el nombre del perito), a quien se dará la posesión.

El Alcalde,  
El Secretario,

**XIII****Notificación del auto que precede**

En (la fecha), a las (la hora), se hizo saber el auto anterior al señor (el nombre del denunciante, o del apoderado, en su caso). Impuesto firma, manifestando que son dueños de minas colindantes los señores (nombres de colindantes), residentes en (residencia).

El Alcalde,  
El notificado,  
El Secretario,

## XIV

**Diligencia de posesión**

El día (tal), a las (la hora); (el día y la hora debieron ser los mismos que se señalaron en el respectivo auto), se constituyó el suscrito Alcalde Municipal de (nombre del municipio) en el punto (nombre del punto donde la mina fue descubierta), con asistencia de los señores (el denunciante o el apoderado, según el caso) y el perito señor (el nombre del perito), con el fin de dar posesión de la mina (se dirá el nombre de ésta, si es de antiguo o nuevo descubrimiento, de veta o de aluvión).

Se principió por practicar la mensura de acuerdo con la base dada en el escrito de denuncia, operación que ejecutó el perito en la siguiente forma:

Se tomó como punto de partida (se dirá claramente ese punto), que es el mismo que se señaló en el escrito de denuncia, donde se colocó un mojón de piedra de tales condiciones, construido de tal modo que no puede destruirse por el transcurso de los tiempos. De este punto (hacia el Norte o hacia el Sur, o según sea el caso) se trazó una línea de doscientos cuarenta metros, que terminaron (se dirá claramente con toda precisión, dónde terminó esa medida, por medio de objetos permanentes y conocidos, como una quebrada, una colina, una cañada, una casa, etc.). En este punto se colocó un mojón de piedra de las mismas condiciones que el anterior. De estos dos mojones, se trazaron, con dirección (al Oriente o al Occidente o al Norte o al Sur, según el caso) dos líneas de mil ochocientos metros cada una, que terminaron: la del (Norte o Sur, Este u Oeste) en tal parte (se dirá dónde) y la del.....en tal parte (se dirá dónde, precisamente). En cada uno de los extremos de estas líneas se colocaron mojones de las mismas condiciones que los anteriores. Una recta de doscientos cuarenta metros, que unió estos dos puntos, cerró el rectángulo de mil ochocientos metros de longitud por doscientos cuarenta de latitud. Las medidas se hicieron sobre la superficie del terreno.

(Si la mina es de aluvión, se practicará idéntica operación, pero con la diferencia de que la extensión es entonces, o bien un rectángulo de mil metros de base por cinco mil de altura, o un cuadrado de tres kilómetros de base; o bien amojonando claramente una extensión conocida menor, cuya figura puede ser irregular, siguiendo el curso de ríos, caminos o quebradas).

Concluida esta operación el Alcalde preguntó si había alguno que, como colindante o por razón de un descubrimiento anterior, quisiera oponerse a la posesión; y como no hubo contradicción, dijo:

Yo (el nombre del Alcalde), Alcalde Municipal de este Municipio, doy posesión legal y material al señor (el nombre) para (las personas para quienes se da la posesión) de la mina (se dirá si es de veta o de aluvión; antigua o nueva) descubierta en este paraje y comprendida por los linderos que se han expresado.

El denunciante (o el apoderado, si fuere el caso) manifestó que recibía la posesión y que se conformaba con ella, con lo cual se dio por terminado el acto.

Firman esta diligencia los que en ella intervinieron.

El Alcalde,  
El interesado,  
El Perito,  
El Secretario,

#### MINAS CONTRATABLES

Como se dijo al principio, estas minas no las adjudica hoy el Gobierno en propiedad, sino que las explota por medio de contratos celebrados con particulares por tiempo limitado.

La reserva general de ellas parte del 28 de octubre de 1873, fecha en que entraron a regir algunas disposiciones del Código Fiscal de la Unión, debiendo advertir que en esa época los Estados Soberanos tenían legislación propia para sus cuestiones fiscales y mineras.

En la reserva que se hizo en dicho año se comprendieron: las minas de cobre, hierro y otros metales no preciosos, las de azufre y demás no expresadas que se descubran en terrenos baldíos o de propiedad nacional; los depósitos de carbón, así como los depósitos de guano y cualquier otro abono semejante que se encuentren en los mencionados terrenos.

El actual Código Fiscal expedido en 1912, conservó la misma reserva hecha en 1873, aumentada con la reserva del lecho del río Cauca y en general con las de los ríos navegables; posteriormente se hizo la reserva de las minas de aluvión de metales preciosos ubicadas en las riberas de dichos ríos navegables.

Tal Código, el de 1912, dividió las minas en varios grupos.

Atendiendo a la legislación que se aplica a las minas contractables, pueden formarse tres grupos de ellas:

1º Las de hierro, plomo, estaño y demás metales no preciosos; las de azufre y otras substancias, y los depósitos de guano y otros abonos semejantes;

2º Las minas de aluvión de metales preciosos ubicadas en los lechos de los ríos navegables y en las riberas de éstos en una extensión de un kilómetro a cada lado del cauce normal del respectivo río. Esta reserva se hizo en las siguientes épocas: la de los lechos de los ríos navegables desde el año de 1905 y la de las riberas de los mismos ríos desde 1937. Ya desde 1877 y 1887 se había hecho la reserva del lecho del río Cauca;

3º La reserva de los yacimientos de petróleo se considera hecha también desde el 28 de octubre de 1873. Estos yacimientos se rigen por disposiciones especiales que constituyen el Código de Petróleos.

## I

### Minas de metales no preciosos y otras substancias

Las personas que deseen explotar minas de hierro, plomo, estaño y demás metales no preciosos, de azufre, yeso y otras substancias, o depósitos de guano y otros abonos semejantes, deben formular una propuesta de contrato al Gobierno Nacional, por conducto del Ministerio de Minas y Petróleos.

A su solicitud acompañarán los siguientes datos y documentos:

a) Nombre, apellido, nacionalidad, vecindad y domicilio del proponente;

b) Nombre del Municipio y del Departamento, Intendencia o Comisaría a que pertenezcan los terrenos donde se halla ubicado el yacimiento;

c) Si el terreno donde se halla la mina es baldío o fue baldío adjudicado con posterioridad al 28 de octubre de 1873;

d) Lindero del terreno que se solicita y el área comprendida en ellos;

e) A la propuesta de contrato se acompañará un croquis topográfico en donde se anota la longitud y rumbo de cada uno de los lados del rectángulo, relacionando uno de los vértices con un punto arcifinio sobre el terreno distante no más de cinco kilómetros. En dicho mapa se anotarán igualmente los distintos afloramientos de los minerales que se desea explotar, con indicación de su rumbo y buzamiento con los signos convencionales usados;



f) Se acompañará igualmente a la propuesta una memoria explicativa de los principales accidentes geológicos y topográficos de la zona a que se refiere la propuesta;

g) Si se trata de guano y otros abonos semejantes, únicamente se acompañará a la propuesta un croquis topográfico ilustrativo de la situación, linderos y superficie del lote solicitado, y se indicará también en dicho croquis los sitios en donde se hallen los depósitos materia de la propuesta.

El Ministerio puede disponer que se verifique sobre el terreno, a costa del proponente, la autenticidad de los estudios presentados. Si se comprobare que el plano o los datos son manifiestamente ficticios, se archivará la propuesta; lo mismo se hará en caso de que los gastos para verificar tales datos no se consignen dentro de los treinta días siguientes.

Admitida la propuesta, el contratista deberá prestar una fianza o caución prendaria no menor de mil (\$ 1.000) pesos moneda legal, en dinero, o en bonos de deuda pública, o en cédulas del Banco Agrícola Hipotecario, o en documentos nacionales de crédito agrario, computados por su valor a la par. Esta caución puede ser elevada hasta diez mil (10.000) pesos, cuando el Gobierno lo crea conveniente estando ya la mina o depósito en explotación.

La fianza tiene por objeto garantizar la efectividad del contrato, de modo que de ella pueden deducirse las multas que el Gobierno le imponga al contratista, debiendo éste reponer el monto total de la garantía dentro de los ocho días siguientes a aquel en que se haya hecho efectiva la multa.

Cuando se presenten dos o más propuestas en un mismo día sobre un mismo yacimiento, tales propuestas se tendrán como hechas simultáneamente y el Gobierno por medio de una resolución, declarará con cuál de los proponentes debe continuarse la tramitación del negocio.

En caso de que se presenten varias propuestas sobre un mismo terreno, el Ministerio del ramo, dentro de los treinta días siguientes a la fecha de la presentación de la primera, escogerá con cuál de los proponentes debe adelantarse la tramitación del negocio, teniendo en cuenta cuál fue el primer proponente, la calidad de los estudios técnicos presentados, las mayores ventajas que ofrezcan a favor del Estado, la condición de propietario del suelo, de colono o cultivador, así como también la capacidad financiera de los proponentes y garantía en la eficacia de la explotación.

Para la explotación de cada substancia se harán propuestas separadas y para cada una de ellas se celebrarán contratos distintos.

Admitida una propuesta se publicará un extracto en el **Diario Oficial**, por tres veces, con indicación del municipio o municipios, linderos y demás datos sobre la identificación del terreno que se pide en concesión.

Ninguna persona distinta de los interesados o de sus representantes podrá consultar los expedientes de propuestas ni obtener dato ninguno al respecto.

Dentro de los treinta días hábiles, a partir de la fecha de la tercera publicación, toda persona puede oponerse al contrato propuesto, por escrito, ante el Ministerio del ramo, acompañando las pruebas en que funde su oposición. El Ministerio decidirá si suspende o adelanta la tramitación, quedándole al opositor, en este caso, el derecho de recurrir al órgano judicial. La resolución del Ministerio puede ser acusada ante el Consejo de Estado.

Si no hay oposición o cuando ésta se declara infundada, se procederá a celebrar el respectivo contrato, a lo cual debe allanarse el proponente dentro de los treinta días siguientes, so pena de caducidad de la solicitud.

En todo contrato de esta naturaleza se hará constar lo siguiente:

1º La extensión territorial pedida en concesión, la cual tendrá las siguientes dimensiones: si se trata de minas de hierro, plomo, estaño y otros metales no preciosos, o de azufre y otras substancias podrá tener una superficie hasta de cinco mil hectáreas (5.000 ha.); si se trata de depósitos de guano y otros abonos análogos, el área de exploración podrá ser hasta de quince mil hectáreas (15.000 ha.), pero la superficie de la explotación no comprenderá un área mayor de dos mil hectáreas (2.000 ha.) en lotes continuos o separados;

2º El contratista se obligará a presentar, dentro de un término prudencial que se le fijará, un plano de la concesión con indicación de los sitios donde se encuentran los yacimientos o depósitos, acompañado de un informe sobre las condiciones de cada uno de éstos y de una muestra de ellos. La figura geométrica tendrá la forma de un cuadrilátero que abarcará la superficie que se da en concesión. El rectángulo guardará entre sus lados menor y mayor una relación no inferior a la de 1:3;

3º El contratista se obliga a rendir informes periódicos sobre la marcha de los trabajos, resultado de ellos y perspectivas futuras;

4º Se expresará en el mismo contrato la obligación para el contratista de emplear en sus trabajos métodos y sistemas técnicos y

adecuados que aseguren tanto la eficacia de la explotación como la vida de los trabajadores;

5º Se hará constar que el Gobierno tendrá la inspección y vigilancia de la empresa, a fin de cerciorarse del porcentaje que le corresponde en la explotación;

6º El contratista suministrará al Ministerio del ramo todos los datos que haya obtenido, de carácter científico, técnico, económico y estadístico que sean necesarios, a juicio del Gobierno, para hacer el estudio geológico y geofísico del país, llevar la estadística de la industria, y para calcular el beneficio que en la explotación le corresponda a la Nación. El Gobierno guardará la debida reserva sobre aquellos datos que, atendida su naturaleza, la requieran, en defensa de los legítimos intereses del contratista;

7º En cada contrato se estipulará el porcentaje mínimo de los empleados y obreros colombianos que el contratista deberá ocupar en sus trabajos;

8º La participación a que tiene derecho el Estado en la explotación es del cinco por ciento (5%) del producto bruto, la cual podrá exigir en dinero o en especie, o parte en dinero y parte en especie, a su elección;

9º Se hará constar que el Gobierno puede declarar caducado el contrato en caso de infracción por el contratista de cualquiera de las estipulaciones del mismo y también por quiebra de éste, judicialmente declarada;

10. La duración del contrato no excederá de treinta años, pero podrá prorrogarse por diez años más a solicitud del concesionario;

11. Al vencerse el plazo del contrato, todos los inmuebles adquiridos y construídos para el servicio de la empresa, así como los elementos y muebles destinados a la exploración y explotación, los equipos, material en laboreo, enseres y maquinarias, elementos de transporte, vías de comunicación, teléfonos, etc. pasarán al dominio de la Nación a título de reversión, sin pago ni indemnización de ninguna especie a favor del concesionario.

Estos contratos, tanto por la materia sobre que recaen, como por el lugar en que se celebren, se rigen por las leyes colombianas y quedan sometidos a la jurisdicción de los Tribunales nacionales.

El contratista podrá traspasar su concesión, previo permiso del Gobierno, a cualquier persona natural o jurídica, pero en ningún caso a Gobiernos extranjeros. Si el traspaso se efectúa a favor de extranjeros, éstos deberán someterse expresamente a las leyes de la República y a las disposiciones sobre extranjería.

Son causales especiales de caducidad: a) La muerte del concesionario, en los casos en que ésta deba producir la terminación del contrato conforme al Código Civil; b) La quiebra del contratista, judicialmente declarada; c) El no cumplimiento de la obligación de elevar la cuantía de la caución cuando el producto anual de la explotación lo haga necesario y el de cualquiera otra de las cláusulas esenciales del contrato.

Para su validez, estos contratos necesitan ser sometidos a la aprobación del señor Presidente de la República, previo concepto favorable del Consejo de Ministros y ulterior revisión del Consejo de Estado. En lo relacionado con el uso de aguas, servidumbres, uso de materiales, ocupación del suelo e indemnizaciones, se aplican las reglas generales del derecho minero.

## II

### **Minas de metales preciosos ubicadas en los lechos y riberas de los ríos navegables**

El Gobierno se reservó las minas de aluvión de metales preciosos o sean las de oro, plata y platino ubicadas en los lechos y riberas de los ríos navegables, en una extensión de un kilómetro a cada lado del cauce normal del respectivo río.

Para los efectos de esta reserva, se entiende por río navegable todo trayecto fluvial no menor de quince kilómetros, que de una manera efectiva y en ambos sentidos sirva o pueda servir habitualmente de vía de comunicación con embarcaciones de tracción mecánica.

Estas minas las explota el Gobierno por medio de contratos temporales celebrados con personas naturales o jurídicas.

**Propuestas.**—Toda persona que desee explorar y explotar algunas de estas minas, deberá formular su propuesta al Ministerio de Minas y Petróleos, a la cual acompañará los siguientes datos y documentos:

a) Nombre, apellido, nacionalidad, vecindad y domicilio del proponente o proponentes;

b) Nombre del municipio o municipios y del Departamento, Intendencia o Comisaría especial a que pertenezca la zona solicitada en contrato;

c) Objeto del contrato y extensión que solicita, con indicación de los puntos inicial y terminal de la zona de concesión, determinando sobre el río eje de la zona de la reserva;

d) Una memoria de la prospección de la zona solicitada en contrato en la cual se harán constar los trabajos ejecutados para determinar y demostrar la existencia de minerales;

e) Un informe que contenga las siguientes especificaciones: observaciones generales, geológicas y topográficas; calidad y composición del suelo, clase y naturaleza de su vegetación, etc.; proximidad de minas ya reconocidas como tales; nombre de los propietarios de las zonas riberanas del río eje de la reserva; nombre de los cultivadores y colonos de la misma zona, en caso de que éstos sean personas distintas de los dueños del terreno; clase de las mejoras y cultivos existentes en las zonas solicitadas en contrato; todas las demás informaciones que se consideren de alguna importancia para determinar las características de la región y las posibilidades de una futura explotación minera;

f) Un croquis topográfico de la zona objeto de contrato, en el cual se demarcarán ambos extremos unidos entre sí por la respectiva poligonal y relacionando uno de ellos a rumbo y distancia con algún punto arcifinio fácilmente identificable;

g) Las comprobaciones que se consideren conducentes para demostrar que la zona de que se trata pertenece a la reserva nacional, por estar en el lecho o ribera de un río navegable.

Las propuestas recibidas en el Ministerio se anotarán el día de su presentación y las que se presenten en un mismo día sobre una misma zona se entienden como hechas simultáneamente.

El Gobierno no está obligado a contratar la exploración y explotación de esas zonas con el primer proponente, pues aquél podrá escoger al que mejor le convenga.

El Ministerio puede disponer que se compruebe sobre el terreno, a costa del proponente, la autenticidad del croquis y de los demás datos suministrados; si resultare que son manifiestamente ficticios, se rechazará la propuesta la cual también se archivará si el interesado dentro de los treinta días siguientes a la notificación no hiciere la consignación para atender los gastos que ocasione la verificación de los datos de la propuesta.

Si ésta no reúne los requisitos atrás enumerados, se dará aviso al interesado para que dentro de treinta días prorrogables por veinte más, se subsanen las irregularidades anotadas.

Llenados tales requisitos, se dictará una resolución en que se declarará si se admite o nó la propuesta, pero si no se subsanaren las irregularidades, se considerará retirada la solicitud.

Si hubiere varias propuestas sobre una misma zona, el Ministerio



escogerá dentro de los treinta días siguientes a la fecha de la presentación de la primera propuesta, con cuál debe adelantarse la tramitación del negocio. En esta escogencia se tendrá en cuenta: al primer proponente, la calidad de los estudios presentados, las mayores ventajas que ofrezcan a favor del Estado, la condición de propietario del suelo, la calidad de colono o cultivador, la capacidad financiera del proponente y la garantía en la eficacia de la explotación. Pero cuando uno de los proponentes tenga contrato ya celebrado para explorar y explotar el río eje de la zona sobre que versan las otras propuestas, será éste preferido para el contrato de una o de ambas riberas adyacentes.

Una vez aceptada o escogida la propuesta se ordenará lo siguiente:

a) La publicación de un extracto en el **Diario Oficial** por tres veces, lo mismo que en uno de los periódicos de Bogotá y en otro de los de la capital del Departamento, Intendencia o Comisaría donde se halle ubicada la zona de que se trata, a costa del interesado;

b) La fijación en la Alcaldía o Alcaldías de los municipios de la ubicación de la zona, de carteles contentivos del extracto publicado; y

c) El pregón por bando del mismo extracto en tres días de curso subsiguientes a la fecha del recibo en la Alcaldía. El cartel permanecerá fijado hasta el día último de la publicación por bando.

Si el interesado no hace las gestiones del caso para la publicación y remisión de los pliegos de que se trata, dentro de los ocho días siguientes a la fecha de su entrega, se estimará que el interesado desiste de su propuesta. Para las publicaciones que deben hacerse fuera de Bogotá, a este término se agregará el de la distancia.

**Oposiciones.**—Para esta clase de propuestas, el decreto reglamentario establecía el término y el procedimiento para oír las oposiciones y resolverlas, pero la Corte Suprema de Justicia declaró inexecutable el artículo pertinente de tal decreto, por lo cual el Ministerio no puede hoy resolver tales oposiciones. Debido a esto, el señor Ministro de Minas y Petróleos presentó a las Cámaras un proyecto de ley para que tales oposiciones sean tramitadas y resueltas por la Corte Suprema de Justicia, pero tal proyecto no alcanzó a ser ley.

**Contratos.**—Transcurridos treinta días después de la desijación del cartel, si no se hubieren formulado oposiciones, se dispondrá la celebración del contrato con el interesado quien deberá allanarse a firmarlo dentro de los treinta días siguientes a la ejecutoria de la res-

pectiva resolución, entendiéndose que si no hace esta manifestación queda retirada su solicitud.

Estos contratos podrán tener por objeto:

1º La exploración y explotación del lecho del río eje de la zona de reserva;

2º La exploración y explotación en conjunto del lecho del río y de las minas riberañas comprendidas dentro de la zona de la reserva;

3º La exploración y explotación en conjunto del lecho del río y de la zona de la reserva en una de sus márgenes;

4º La exploración y explotación de las minas riberañas a un solo lado o a ambos lados del río eje de la zona de reserva.

Tales contratos comprenderán no sólo los metales preciosos sino también aquellos que en liga íntima los acompañan. Se entiende por liga íntima las asociaciones de metales que para separarlos se necesita de tratamiento metalúrgico o químico.

La extensión máxima que puede concederse en cada contrato no podrá exceder en ningún caso de quince kilómetros medidos a lo largo del cauce normal del río por una de sus márgenes, pero sí podrá ser de una extensión menor.

Las islas de propiedad nacional comprendidas en el cauce de los ríos podrán explorarse y explotarse por los concesionarios en las condiciones generales de sus respectivos contratos, cuando estén desprovistas de pastos o cultivos y sea cual fuere su extensión. Si tiene pastos o cultivos, los dueños de éstos tienen derecho a que se les paguen los perjuicios que se les ocasionen.

Estos contratos requieren para su validez la aprobación del señor Presidente de la República, previo concepto favorable del Consejo de Ministros y ulterior revisión del Consejo de Estado. Una vez perfeccionados se elevarán a escritura pública y se publicarán en el **Diario Oficial**.

Antes de someterse a la aprobación del señor Presidente de la República, los concesionarios, para garantizar el cumplimiento de sus obligaciones, prestarán una caución prendaria por la suma de \$ 2.000 moneda legal, en dinero o en bonos de deuda pública o en cédulas del Banco Agrícola Hipotecario o en documentos nacionales de crédito agrario u otros similares, a satisfacción del Gobierno, computados por su valor a la par. Si dentro de ocho días contados desde la fecha del respectivo contrato, no se diere la caución se declarará terminada la actuación, se archivará el expediente y el Gobierno podrá contratar con otra persona.

El concesionario queda obligado a elevar la cuantía de la cau-

ción hasta \$ 10.000 cuando el producto anual de la explotación lo haga necesario a juicio del Gobierno.

A ninguna persona natural o jurídica se le concederá más de un contrato mientras no compruebe a satisfacción del Gobierno que ha explotado en debida forma la concesión o concesiones que anteriormente se le hubieren otorgado, pero en ningún caso podrá obtener más de tres contratos.

No se otorgarán concesiones dentro de la parte edificada de las poblaciones ni a menos de cien metros del área de la población.

**Exploración y planos.**—Dentro de los dos años siguientes a la fecha de la vigencia del contrato, el concesionario deberá hacer la exploración técnica de la zona de concesión, destinada a determinar la existencia de minerales en cantidades comerciales explotables. Este término puede ser prorrogado por seis meses más.

Dentro de dicho término el concesionario presentará al Ministerio los siguientes documentos:

a) Un plano de la zona con los siguientes requisitos: escala de 1:10.000 con la firma del ingeniero que la hubiere levantado; contendrá demarcada con línea continua la poligonal en que se apoye el levantamiento topográfico del curso del río, con anotación en cada alineamiento recto de su respectiva medida métrica y de su rumbo o azimut referido al meridiano verdadero o astronómico; los puntos inicial y terminal del trayecto contratado se relacionarán a rumbo o azimut referido al meridiano verdadero o astronómico con sendos puntos arcifinios estables o inequívocos. En caso de no ser esto posible se fijarán mediante coordenadas geográficas. Figurarán en el plano el curso de las aguas corrientes que confluyan al río base de la medida así como los sitios más notables del trayecto, zonas cultivadas, islas, etc.; nombre de los propietarios, y ubicación de las minas colindantes; formaciones geológicas que se determinarán con los signos convencionales con anotación del rumbo y buzamiento de las capas; perfiles geológicos de la zona contratada; volumen probable de mineral explotable y su tenor o riqueza por metro cúbico; los prospectos de montaje para la explotación con las especificaciones debidas, según los casos.

El Ministerio dentro de los sesenta (60) días siguientes a la presentación de esos documentos, los calificará y si no llenan los requisitos legales fijará un término para que se subsanen las deficiencias, y el Ministerio puede también verificar sobre el terreno la exactitud de los datos.

Si dentro de los sesenta días dichos no se ha resuelto nada sobre tales documentos, se entiende que el Ministerio los acepta.

**Montaje.**—Dentro de los treinta días siguientes a la aceptación de los documentos de exploración, deberá el concesionario principiar los trabajos de montaje y terminarlo un año después, pero este plazo podrá prorrogarse de año en año hasta por dos años más, siempre que se demuestre que el período o períodos anteriores han sido insuficientes.

Terminado el montaje, se informará al Ministerio sobre ello y se acompañarán los planos de la zona ocupada con los campamentos, edificios, plantas, maquinarias y demás obras.

**Explotación.**—El período de explotación será hasta de treinta años, contados a partir de la vigencia del contrato, pero podrá ser prorrogado por diez años (10) más a solicitud del concesionario, siempre que haya cumplido con sus obligaciones.

El contratista empleará en la explotación métodos y sistemas técnicos y adecuados, y deberá someterse, además, a los reglamentos generales que rijan o dicte el Gobierno.

Iniciada la explotación, en cada año deberá sostenerla por lo menos durante seis (6) meses continuos. Se entenderá que hay explotaciones, cuando durante el período dicho en cada año, se esté trabajando con la maquinaria adecuada.

El concesionario podrá iniciar el montaje y la explotación en cualquier tiempo después de perfeccionado el contrato, por lotes totales o parciales, siempre que los planos, informe y memoria relativos a la parte que va a explotarse, hayan sido aprobados, pero en todo caso la exploración completa deberá terminarse dentro del período o plazo legal.

**Traspaso.**—Los concesionarios podrán traspasar sus contratos, previo permiso del Gobierno, a cualquier persona natural o jurídica, pero en ningún caso a gobiernos extranjeros. El Gobierno podrá negar el permiso para el traspaso sin dar a conocer las razones de su determinación.

También se necesita permiso previo del Gobierno para que los concesionarios contraten explotaciones parciales de las minas o para subarriendos totales o parciales.

**Participación nacional o regalía.**—La participación nacional en las explotaciones se liquidará y cobrará en metal afinado o en su equivalente en dólares o en moneda legal colombiana, a elección del Gobierno, sobre el total del producto bruto del yacimiento, atendiendo su tenor o riqueza por metro cúbico, según la siguiente escala:

Hasta 150 miligramos de oro por metro cúbico, el 2% del producto bruto explotado;

De 151 a 200 miligramos de oro por metro cúbico, el 3% del producto bruto explotado;

De 201 a 300 miligramos de oro por metro cúbico, el 4% del producto bruto explotado;

De 301 a 400 miligramos de oro por metro cúbico, el 5% del producto bruto explotado;

De 401 a 500 miligramos de oro por metro cúbico, el 7% del producto bruto explotado;

De 501 a 600 miligramos de oro por metro cúbico, el 9% del producto bruto explotado;

De 601 a 700 miligramos de oro por metro cúbico, el 12% del producto bruto explotado;

De 701 a 800 miligramos de oro por metro cúbico, el 16% del producto bruto explotado;

De más de 800 miligramos de oro por metro cúbico, el 20% del producto bruto explotado.

Esta escala rige para los contratos celebrados con posterioridad al 22 de diciembre de 1941.

El Gobierno podrá disminuir en cada caso particular en uno o varios puntos la participación correspondiente según la anterior escala, por todo el término de la concesión o por término limitado, teniendo en cuenta el mayor costo inicial de la empresa, el mayor costo de la explotación, u otros factores semejantes que justifiquen y hagan equitativa tal medida.

**Renuncia del contrato.**—En cualquier tiempo, durante la exploración, se podrá poner fin al contrato si se comprobare que no hay minerales comercialmente explotables. También, durante el período de montajes y explotación, se podrá renunciar el contrato, en todo o en parte, siempre que se hayan cumplido hasta ese día todas las obligaciones contractuales.

En estos casos, el concesionario podrá retirar libremente la maquinaria y demás elementos que haya destinado a sus estudios y trabajos. Pero si el contrato termina por causa de esta renuncia después de diez (10) años de su vigencia, habrá lugar a la reversión plena a favor del Estado.

En los mismos casos, se devolverá el valor de la caución.

**Multas y causales de caducidad.**—En caso de incumplimiento de cualquiera de las obligaciones contraídas por el concesionario, el Gobierno podrá imponer administrativamente multas sucesivas has-



ta de mil pesos (\$ 1.000) para cada caso, sin perjuicio de la caducidad del contrato. Estas multas podrán tomarse administrativamente, en todo o en parte, de la caución, quedando el concesionario obligado a reponer el monto total de ésta dentro de los ocho días siguientes.

Son causales de caducidad:

- a) La multa del contratista, en los casos en que ésta debe producir la terminación del contrato, conforme al Código Civil;
- b) La quiebra del mismo judicialmente declarada;
- c) El no establecer los trabajos de explotación dentro de los términos indicados en el contrato;
- d) El no pago de la participación nacional en la forma y condiciones señaladas en el contrato y disposiciones legales;
- e) El traspaso del contrato sin permiso del Gobierno;
- f) El no cumplimiento de elevar la cuantía de la caución;
- g) Cuando el concesionario se niegue a someter las diferencias al dictamen pericial o se niegue a cumplir lo resuelto por los peritos.

**Reversión.**—Vencido el término del contrato o renunciado éste después de transcurridos más de diez (10) años, todos los inmuebles adquiridos y construídos para el servicio de la empresa, así como los yacimientos, equipos, material en laboreo, enseres, maquinaria de exploración, explotación y beneficio de los minerales, elementos de transportes, vías de comunicación y locomoción, acueductos, teléfonos, cables, muebles, etc., pasarán al dominio de la Nación a título de reversión, sin pago ni indemnización de ninguna especie a favor del concesionario.

La misma reversión tendrá lugar en caso de declaratoria de caducidad del contrato.

El Gobierno podrá en todo tiempo tomar las providencias conservativas para impedir que se cause perjuicios en los yacimientos, instalaciones y dependencias de la empresa objeto de la reversión.

### III

#### Petróleos

En este capítulo no pretendemos dar instrucciones para contratar la exploración y explotación de los yacimientos petrolíferos de propiedad del Estado o de los particulares, pues dada la complejidad de esa industria en todas sus manifestaciones, quien desee ocuparse en ella debe asesorarse de personas experimentadas en esa clase de negocios.

Aquí únicamente damos unas nociones para completar los grupos de las minas contratables.

Los petróleos en Colombia pertenecen a los particulares dueños del suelo donde se halle el yacimiento, o al Estado.

El Código de la materia reglamenta unos y otros.

**Petróleos de propiedad privada.**—Los derechos de los particulares sobre el petróleo de propiedad privada serán reconocidos y respetados como lo establece la Constitución, y el Estado no intervendrá con respecto a ellos en forma que menoscabe tales derechos.

Es de propiedad particular el petróleo que se encuentre en los terrenos que salieron legalmente del patrimonio nacional con anterioridad al 28 de octubre de 1873 y que no hayan sido recuperados por la Nación por nulidad, caducidad, resolución o por cualquier otra causa legal. Son también de propiedad particular los petróleos adjudicados como minas entre el 1º de abril de 1913 y el 15 de noviembre del mismo año, bastando en este último caso presentar el título de adjudicación expedido por autoridad competente durante el período dicho, para demostrar el derecho que se tiene a ellos.

Toda persona natural o jurídica que pretenda efectuar exploraciones en busca de petróleo que repunte como de propiedad privada, o explotar dicho petróleo, deberá dar, en cualquiera de estos dos casos, un aviso al Ministerio de Minas y Petróleos acerca de la persona para quien vayan a hacerse las exploraciones o explotaciones, la extensión y los linderos del terreno en que haya de efectuarse y el día en que deban iniciarse. Al aviso deberá acompañar las pruebas que demuestren el derecho a extraer el petróleo, junto con un plano topográfico del perímetro de la respectiva propiedad.

El Ministerio, si fuere el caso, dentro de los treinta (30) días hábiles siguientes, practicará las diligencias que estime necesarias para formar pleno conocimiento del asunto, y en seguida pasará todos los documentos al Procurador General de la Nación para que emita concepto sobre su valor jurídico dentro del término de treinta (30) días hábiles. Vuelto el negocio al Ministerio, allí se tomará copia de las pruebas presentadas y se devolverán los originales al interesado.

Si el Ministerio dentro de los treinta días hábiles siguientes a la fecha en que el Procurador General de la Nación devuelva el expediente, no dicta la resolución respectiva, se entiende que el interesado cumplió oportunamente con su obligación, pudiendo emprender la exploración o explotación proyectadas.

Cuando el Ministerio, oído el concepto del Procurador, estime que no hay observación que hacer, sin más actuación declarará que se

ha dado cumplimiento a la formalidad del aviso y que puede iniciarse y adelantarse la exploración con taladro o la explotación proyectada.

Pero si el Ministerio estima que es de la Nación el petróleo de que se trata, enviará toda la documentación a la Sala de Negocios Generales de la Corte Suprema de Justicia, para que dicha entidad, en juicio breve y sumario, en una sola instancia, decida si es o no fundada la pretensión del particular. Si el fallo fuere favorable a la Nación, tal interesado no podrá emprender la exploración o explotación proyectadas, pero tendrá expeditas las acciones de derecho común que sean del caso, las que sólo podrá intentar dentro de los dos años siguientes a la fecha de su registro en el Ministerio.

Se entiende oportunamente iniciada la acción ordinaria y por tanto interrumpida la prescripción de corto tiempo establecida para estos casos por las leyes de petróleos, cuando la demanda ha sido presentada y admitida antes de vencerse el término de la prescripción.

El interesado que emprenda la exploración o la explotación con perforación, sin dar el aviso en referencia, incurrirá en una multa de mil (1.000) a cinco mil (5.000) pesos.

Todo explotador de petróleos de propiedad privada que emprenda trabajos de explotación dentro de los quince (15) años contados desde el 31 de octubre de 1936, pagará al Estado el impuesto que le corresponda, según la distancia del centro de recolección del petróleo de sus explotaciones al puerto de embarque de sus productos, de acuerdo con la siguiente escala:

De 0 a 100 kilómetros, el siete por ciento (7 por 100) del producto bruto explotado;

De 100 a 200 kilómetros, el seis por ciento (6 por 100) del producto bruto explotado;

De 200 a 300 kilómetros, el cinco por ciento (5 por 100) del producto bruto explotado;

De 300 a 400 kilómetros, el cuatro por ciento (4 por 100) del producto bruto explotado;

De 400 a 500 kilómetros, el tres por ciento (3 por 100) del producto bruto explotado;

De 500 a 600 kilómetros, el dos por ciento (2 por 100) del producto bruto explotado;

De 600 a 700 kilómetros, el uno y medio por ciento ( $1\frac{1}{2}$  por 100) del producto bruto explotado;

De 700 a 800 kilómetros, el uno por ciento (1 por 100) del producto bruto explotado;

De 800 a 900 kilómetros, el tres cuartos por ciento ( $3/4$  por 100) del producto bruto explotado, y

De más de 900 kilómetros, el medio por ciento ( $1/2$  por 100) del producto bruto explotado.

**Petróleos de propiedad del Estado.**—Pertenece al Estado todos los petróleos que no sean de propiedad de los particulares, es decir, los situados en terrenos baldíos o que hayan sido adjudicados con posterioridad al 28 de octubre de 1873, o en terrenos que hayan sido recuperados por la Nación por nulidad, caducidad, resolución o por cualquiera otra causa legal. De éstos se exceptúan los yacimientos que hayan sido adjudicados como minas entre el 1º de abril de 1913 y el 15 de noviembre del mismo año, los cuales son de propiedad particular.

El petróleo de propiedad de la Nación sólo podrá explotarse en virtud de contratos que se inicien y perfeccionen de conformidad con la ley. No entran en estos contratos el helio y otros gases raros como el neón, argón, kriptón y xenón, que se encuentren en los yacimientos dados en concesión.

La industria del petróleo es de utilidad pública en todos sus ramos de exploración, explotación, refinación, transporte y distribución. Por tanto, podrán decretarse por el Ministerio del ramo, a petición de parte legítimamente interesada, las expropiaciones necesarias para el ejercicio y desarrollo de tal industria.

La exploración superficial será libre en todo el territorio de la República cuando se haga en busca del petróleo de propiedad nacional, mas cuando haya de hacerse en superficies de propiedad particular, será necesario dar aviso al dueño, quien no podrá oponerse en ningún caso, pero sí hacerse pagar del explorador el valor de los perjuicios que se le ocasionen. Es entendido que dicha exploración no constituye otra expectativa de derecho que la preferencia otorgada al primer proponente de acuerdo con las disposiciones legales.

Toda persona natural o jurídica puede presentar propuestas ante el Ministerio de Minas y Petróleos para contratar la exploración con taladro y la explotación de petróleo de propiedad nacional.

Tanto por la materia sobre que recaen como por el lugar en que se celebran, estos contratos se rigen por las leyes colombianas y quedan sometidos a la jurisdicción de los Tribunales colombianos.

Las compañías cuyo asiento principal de negocios esté en algún país extranjero, que quieran contratar sobre petróleos del Estado o de los particulares, deberán constituir y domiciliar en Bogotá una



casa o sucursal que será considerada como colombiana para todos los efectos nacionales e internacionales.

Toda persona que emprenda en el país en la exploración y explotación de petróleos de propiedad de la Nación, deberá consignar al tiempo de firmar el contrato, en dinero o en papeles de crédito, con el fin de garantizar el cumplimiento de sus obligaciones, un peso (\$ 1.00) por cada hectárea solicitada en contrato, pero sin que baje de veinticinco mil pesos (\$ 25.000) el monto mínimo del depósito.

La exploración y explotación del petróleo, el petróleo que se obtenga, sus derivados y su transporte, las maquinarias y demás elementos que se necesitare para su beneficio y para la construcción y conservación de refinerías y oleoductos, quedan exentos de toda clase de impuestos departamentales y municipales, directos e indirectos, lo mismo que del impuesto fluvial.

El contratista de petróleos del Estado pagará anualmente y por anticipado, durante el período de exploración, un canon superficiario de diez (0.10) centavos por cada hectárea, durante los dos (2) primeros años; de veinte centavos (0.20) por hectárea, durante el tercer año; de treinta centavos (0.30) durante el cuarto año; de cuarenta centavos (0.40) durante el quinto año, y de cincuenta centavos (0.50) durante el sexto año. Si al finalizar el sexto año el contratista no ha encontrado petróleo en cantidad comercialmente explotable, el Gobierno le concederá una prórroga extraordinaria de año en año, hasta por tres (3) años, siempre que haya cumplido todas sus obligaciones y pague anualmente y por anticipado, por cada hectárea, un canon superficiario de un peso (\$ 1.00) durante el séptimo año; un peso y cincuenta centavos (\$ 1.50) durante el octavo año y dos pesos (\$ 2.00) durante el noveno.

Todo concesionario de exploración y explotación de petróleos de propiedad nacional pagará al Gobierno, en el puerto de embarque de sus productos, en producto bruto o en dinero, a voluntad del Gobierno, las participaciones o regalías que le correspondan a la Nación, de acuerdo con la siguiente escala:

- De 0 a 100 kilómetros, el 11 por 100 del producto bruto explotado.
- De 100 a 200 kilómetros, el 10 por 100 del producto bruto explotado.
- De 200 a 300 kilómetros, el 9 por 100 del producto bruto explotado.
- De 300 a 400 kilómetros, el 8 por 100 del producto bruto explotado.
- De 400 a 500 kilómetros, el 7 por 100 del producto bruto explotado.
- De 500 a 600 kilómetros, el 6 por 100 del producto bruto explotado.
- De 600 a 700 kilómetros, el 5 por 100 del producto bruto explotado.
- De 700 a 800 kilómetros, el 4 por 100 del producto bruto explotado.



De 800 a 900 kilómetros, el 3 por 100 del producto bruto explotado.  
Más de 900 kilómetros, el 2 por 100 del producto bruto explotado.

Mientras una nueva ley no disponga otra cosa, los municipios donde se hagan explotaciones petrolíferas tienen derecho a un cinco por ciento (5%) del valor de la regalía pagada a la Nación, y el departamento al cual pertenezcan tales municipios, tiene derecho a un treinta por ciento (30%) del valor de la misma regalía de la Nación.

La extensión de cada concesión petrolera será no menor de cinco mil (5.000) ni mayor de cincuenta mil (50.000) hectáreas, a menos que el terreno disponible para contratar no alcance a cinco mil (5.000) hectáreas. Todo contratista podrá obtener por traspaso los derechos procedentes de otro contrato, hasta por cincuenta mil (50.000) hectáreas, pero en ningún caso una sola persona podrá ejercitar derechos de exploración y explotación sobre un total que pase de cien mil (100.000) hectáreas. No obstante, podrá hacerse concesiones en los territorios no reservados situados al oriente de la cima de la Cordillera Oriental o en la Comisaría del Putumayo o en la Intendencia del Amazonas, en extensiones hasta de doscientas mil (200.000) hectáreas.

La exploración se divide en tres (3) períodos: período inicial que es tres (3) años a partir del perfeccionamiento del contrato; prórrogas ordinarias por tres años (3), y prórrogas extraordinarias por tres (3) años más.

El plazo de explotación es de treinta (30) años a partir del vencimiento definitivo del período de exploración, comprendidas las prórrogas ordinarias y extraordinarias si las hubiere. El período de explotación será prorrogable hasta por diez (10) años más, a opción del contratista, si éste se somete a pagar al Gobierno las regalías y los impuestos que al expirar los treinta (30) años establezcan las leyes vigentes a la sazón. Pero también pueden terminar estos contratos antes del vencimiento de los períodos de exploración y explotación por renuncia del contratista o por caducidad.

Los contratos o permisos de que se trata requerirán para su validez la aprobación del Presidente de la República, oído el dictamen de la Junta Asesora de Petróleos, y previo concepto favorable del Consejo de Ministros, y la declaración hecha por el Consejo de Estado, de que se ajustan a las disposiciones legales. Cumplidos estos requisitos se elevarán los contratos a escritura pública.

Pero si se trata de los que se hallen en el Departamento de Santander, en los territorios de la Comisaría de Arauca, Vichada y Vaupés y en otras zonas costaneras o limítrofes con países vecinos, ta-

les contratos para su validez, necesitan, además, de la aprobación del Congreso.

**Oposiciones.**—Si dentro de los términos legales, antes de la celebración del contrato, se formulare oposición en cuanto a la propiedad del petróleo, se suspenderá la tramitación de la propuesta, y se enviará con los documentos que la acompañan, como también el escrito de oposición y las pruebas en que se apoye, a la Sala de Negocios Generales de la Corte Suprema de Justicia, para que dicha entidad, en juicio breve y sumario, en una sola instancia, decida si es o no fundada la oposición.

Si el fallo fuere favorable al proponente, podrá celebrarse el contrato respectivo, quedándole al opositor vencido el derecho de demandar en juicio ordinario a la Nación, ante el órgano judicial. El mismo derecho le quedará al presunto dueño del terreno que no hiciera la oposición dentro del término legal, pero en uno y en otro caso, el opositor y el presunto dueño no podrán intentar demanda ordinaria después de dos (2) años, contados así: para el opositor desde la fecha del fallo de la Corte, y para el dueño del terreno que no hizo oposición, desde el día en que venció el plazo para presentar ésta.

Si el fallo es adverso a la Nación, no se continuará la tramitación del contrato propuesto, pero el Gobierno podrá ejercitar las acciones que a favor de la Nación consagra el derecho común, dentro de dos (2) años contados también desde la fecha del fallo de la Corte.

Se entiende oportunamente iniciada la acción ordinaria y por tanto interrumpida la prescripción de corto tiempo establecida para estos casos por las leyes de petróleos, cuando la denuncia ha sido presentada y admitida antes de vencerse el término de la prescripción.

**Oleoductos.**—Toda persona que explote petróleo, bien sea de la Nación o de propiedad particular, tiene derecho a construir y beneficiar uno o más oleoductos para el servicio de su propia explotación y durante el término de ésta.

Todos los oleoductos que se construyan en el país de conformidad con las disposiciones legales, por compañías no explotadoras, serán considerados como empresas públicas de transporte. El Gobierno tendrá sobre ellos un derecho de preferencia para el acarreo de todos sus petróleos.

En los oleoductos de uso privado, tal preferencia está limitada a los petróleos procedentes de las regalías o impuestos correspondientes a la producción servida por el oleoducto de que se trata.

Pueden construir y beneficiar oleoductos las compañías no explotadoras de petróleos, previo contrato con el Gobierno. Este tam-

bién puede construir o contratar la construcción y explotación de ellos.

En los contratos sobre oleoductos, el Gobierno exigirá una caución de cincuenta pesos (\$ 50.00) por cada kilómetro de línea principal, que se consignará en dinero o en especies.

El Gobierno, de acuerdo con los contratistas de exploración y explotación de oleoductos, o de acuerdo con los explotadores de petróleos de propiedad privada, fijará las tarifas de transportes, y ningún oleoducto podrá darse al servicio sin la aprobación de tales tarifas.

El Gobierno, de acuerdo con los explotadores de toda clase de oleoductos, revisará las tarifas de transporte por períodos de cuatro (4) años para fijar las que hayan de regir en el período siguiente.

El impuesto de transporte por oleoductos de servicio público es igual al dos y medio por ciento (2½%) del valor resultante de multiplicar el número de barriles transportados por la tarifa vigente para cada oleoducto. El impuesto se cobrará por trimestres vencidos.

El período de duración de todo contrato de oleoducto será hasta de treinta (30) años, a partir de la fecha en que se ponga en servicio.

**Refinerías.**—La refinación del petróleo crudo es libre dentro del territorio nacional.

El Gobierno podrá conceder permisos por un término que no exceda de treinta (30) años para el establecimiento de refinerías o estaciones de abasto de combustibles en los terrenos o lugares que por ley o decreto se declaren como reserva de la Nación. La remuneración y demás condiciones del permiso se determinarán en los respectivos contratos que al efecto se celebren.

El Gobierno podrá establecer y explotar refinerías o contratar su construcción o explotación para beneficiar los petróleos crudos que le correspondan por conceptos de regalías o impuestos, o que adquiera a cualquier título.

**Servidumbres, indemnizaciones y aguas.**—En las diversas manifestaciones de la industria de petróleos, se aplican las disposiciones del Código de Minas en lo relativo a servidumbres, indemnizaciones y uso de aguas a falta de disposiciones especiales en el Código de Petróleos. Cuando se trate de expropiaciones, se aplica la legislación referente a la construcción de ferrocarriles.

**Reversión.**—Durante el término de la exploración, se pondrá fin al contrato si se comprobare no haberse hallado petróleo en cantidad comercial.

Durante el término de la explotación, el contratista podrá renun-



ciar su concesión, en todo o en parte, si ha cumplido con sus obligaciones. Si la renuncia se hace durante la exploración por la causa dicha, podrá retirar libremente las maquinarias y demás elementos que destinó a la exploración, lo mismo que la caución, la cual se le devolverá.

Si se renuncia el contrato durante el período de explotación, habiendo cumplido hasta entonces con sus obligaciones, antes de vencerse los primeros veinte (20) años de este período, podrá también retirar sus maquinarias y demás elementos, pero teniendo la Nación, respecto de ellos, el derecho a adquirirlos, por avalúo de peritos, dentro de los noventa (90) días siguientes a la terminación del contrato.

Terminado el contrato por cualquier otra causa, el contratista dejará en perfecto estado de producción los pozos que en tal época sean productivos, y en buen estado las construcciones y otras propiedades inmuebles ubicadas en el terreno contratado, todo lo cual pasará gratuitamente a poder de la Nación con las servidumbres y bienes expropiados en beneficio de la empresa.

Respecto a la propiedad mueble, su precio se fijará por peritos, y el contratista tendrá la obligación de venderlos al Gobierno, si éste lo exigiere dentro de los noventa días siguientes a la terminación del contrato.

La Nación podrá, en cualquier tiempo, impetrar las providencias conservatorias que le convengan para impedir que se perjudiquen o inutilicen, por culpa del contratista, el campo petrolífero o sus instalaciones y dependencias.

---

## CONVERSION DE MEDIDAS

PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR	PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR
Acres a áreas	40.47	Caballos métricos (HP) a kilowattios	0.7355
Acres a hectáreas	0.4047	Caballos métricos (HP) a kilográmetros por seg.	75
Acres a millas <sup>2</sup>	0.001562	Caballos métricos (HP) a libras-pies por seg.	542.5
Acres a pies <sup>2</sup>	43560	Caballo inglés (HP) a kilowattios	0.7457
Acres a metros <sup>2</sup>	4047	Caballo inglés (HP) a kilográmetros por seg.	76.04
Acres a varas <sup>2</sup>	6323.43	Caballo inglés (HP) a libras-pies por seg.	550
Acres a yardas <sup>2</sup>	4840	Castellanos a gramos	4.6
Acres a kilómetros <sup>2</sup>	0.004047	Castellanos a tomines	8
Almud a puchas	16	Castellanos a reales	16
Almud a decímetros <sup>2</sup>	18	Castellanos a granos	96
Areas a acres	0.0247157	Centéareas a metros <sup>2</sup>	1
Areas a pies <sup>2</sup>	1076.496	Centigramos a gramos	0.01
Arrobas a libras (500 grs.)	25	Centilitros a litros	0.01
Arrobas a kilogramos	12.5	Centímetros a metros	0.01
Arrobas a quintales	0.125	Centímetros a milímetros	10
Arrobas a toneladas métricas	0.0125	Centímetros a pies	0.03281
Atmósferas a metros de agua	10.33	Centímetros a pulgadas	0.3937
Atmósferas a pies de agua	33.90	Centímetros a kilómetros	0.000001
Atmósferas a pulgadas de agua	406.83	Centímetros de mercurio a atmósferas	0.01316
Atmósferas a pulgadas de mercurio	29.92	Centímetros de mercurio a pies de agua	0.4461
Atmósferas a centímetros de mercurio	76.0	Centímetros de mercurio a kilogramos por metro <sup>2</sup>	136.0
Atmósferas a kilogramos por centímetro <sup>2</sup>	1.033	Centímetros de mercurio a libras por pie <sup>2</sup>	27.85
Atmósferas a libras por pulgada <sup>2</sup>	14.70	Centímetros de mercurio a libras por pulgada <sup>2</sup>	0.1934
Atmósferas a toneladas (short) por pie <sup>2</sup>	1.058	Centímetros por segundo a pies por minuto	1.969
Atmósferas a kilogramos por metro <sup>2</sup>	10333	Centímetros por segundo a pies por seg.	0.03281
Barriles a litros	158.97	Centímetros por segundo a kilómetros por hora	0.036
Barriles a US. galones	42	Centímetros por segundo a metros por min.	0.6
Braza a metros	1.83	Centímetros por segundo a millas por hora	0.02237
British-thermal-unit a pies libras	777.5	Centímetros por segundo a millas por min.	0.0003728
British-thermal-unit a kilográmetros	107.5	Centímetros <sup>2</sup> a metros <sup>2</sup>	0.0001
British-thermal-unit a kilogramos caloría	0.2520	Centímetros <sup>2</sup> a milímetros <sup>2</sup>	100
British-thermal-unit a Horse-Power-horas	0.0003927	Centímetros <sup>2</sup> a pies <sup>2</sup>	0.001076
British-thermal-unit a kilowattios hora	0.0002928	Centímetros <sup>2</sup> a pulgadas <sup>2</sup>	0.1550
British-thermal-unit por min. a pies-libras por seg.	12.96	Centímetros <sup>2</sup> a yardas <sup>2</sup>	0.0001196
British-thermal-unit por min. a Horse-Power	0.02356	Centímetros <sup>2</sup> a varas <sup>2</sup>	0.000156
British-thermal-unit por min. a kilowattios	0.01757	Centímetros <sup>3</sup> a galones US.	0.0002642
British-thermal-unit por min. a Watios	17.57	Centímetros <sup>3</sup> a litros	0.001
British-thermal-unit por hora a Horse-Power (boiler)	0.0298	Centímetros <sup>3</sup> a pintas	0.002113
Bushel a litros	35.24	Centímetros <sup>3</sup> a cuartos	0.001057



PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR	PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR
Centímetros <sup>3</sup> a metros <sup>3</sup>	0.000001	Galones US. por min. a litros por segundo	0.06308
Centímetros <sup>3</sup> a yardas <sup>3</sup>	0.0000013	Galones US. por minuto a pies <sup>3</sup> por segundo	0.002228
Centímetros <sup>3</sup> a pulgadas <sup>3</sup>	0.06102	Galones US. por hora a pies <sup>3</sup> por hora	8.0208
Centímetros <sup>3</sup> a pies <sup>3</sup>	0.00003531	Galones US. por seg. a litros por minuto	227.1
Cuadras a metros	80	Galones US. por segundo a pies <sup>3</sup> por minuto	8.019
Cuadras <sup>2</sup> a hectáreas	0.64	Galones US. de agua por min. a tons. de agua por 24 horas	6.0086
Cuadras <sup>2</sup> a metros <sup>2</sup>	6400	Grados a radianes	0.01745
Cuadras <sup>2</sup> a fanegadas	0.9938	Grados a revoluciones	0.0277
Cuadras <sup>2</sup> a varas <sup>2</sup>	10000	Grados a cuadrantes (áng.)	0.0111
Cuadras <sup>2</sup> a yardas <sup>2</sup>	7654.58	Grados F-32 a grados C.	0.5555
Cuadrantes a revoluciones	0.25	Grados C. +17.78 a grados F.	1.8
Cuadrantes (ángulo) a grados	90	Grados terrestres a metros	111111
Cuadrantes (ángulo) a minutos	5400	Grados (ángulo) a minutos	60
Cuadrantes (ángulo) a radianes	1.571	Grados (ángulo) a radianes	0.01745
Cuartos a litros	0.946	Grados (ángulo) a segundos	3600
Cuartos a galones US.	0.25	Grados por seg. a revoluciones por min.	0.1667
Cuartos a metros <sup>3</sup>	0.000946	Grados por seg. a revoluciones por seg.	0.002778
Cuartos a centímetros <sup>3</sup>	946	Grados por seg. a radianes por segundo	0.01745
Cuartos a pies <sup>3</sup>	0.03342	Granos españoles a gramos	0.04792
Cuartos a pulgadas <sup>3</sup>	57.73	Granos a libras (troy)	0.000173
Cuartos a yardas <sup>3</sup>	0.00123	Granos a libras inglesas	0.000142
Decigramos a gramos	0.1	Granos a castellanos	0.9104
Decilitros a litros	0.1	Granos a dracmas	0.03657
Decímetros a metros	0.1	Granos (troy) a gramos	0.0648
Decímetros <sup>3</sup> a almud	0.055	Granos (troy) a pennyweights (troy)	0.04167
Dekagramos a gramos	10	Granos (troy) a onzas (troy)	0.0020833
Dekalitros a litros	10	Gramos a dynas	980.7
Dekámetros a metros	10	Gramos a dracmas	0.5643
Dracmas a libras inglesas	0.003906	Gramos a dekagramos	0.1
Dracmas a gramos	1.7718	Gramos a hectogramos	0.01
Dracmas a granos	27.34375	Gramos a pennyweights (troy)	0.643
Dracmas a onzas	0.0625	Gramos a granos españoles	20.868
Dynas a gramos	0.001019	Gramos a granos (troy)	15.43
Dynas a kilogramos	0.000001019	Gramos a castellanos	0.217
Fanegadas a metros <sup>2</sup>	6440	Gramos a onzas inglesas	0.03527
Fanegadas a cuadras <sup>2</sup>	1.0062	Gramos a decigramos	10
Fanegadas a varas <sup>2</sup>	10062	Gramos a libras métricas	0.002
Fanegadas a yardas <sup>2</sup>	7703.34	Gramos a libras españolas	0.002173
Fanegadas a hectáreas	0.64	Gramos a libras inglesas	0.002204
Galones US. a litros	3.785	Gramos a libras troy	0.002679
Galones US. a pintas	8	Gramos a kilogramos	0.001
Galones US. a cuartos	4	Gramos a centigramos	100
Galones Imperial a litros	4.546	Gramos a miligramos	1000
Galones Imperial a US. galones	1.20095	Gramos a onzas troy	0.03215
Galones US. a galones Imperial	0.83267	Hectáreas a varas <sup>2</sup>	15625
Galones US. a barriles	0.0238	Hectáreas a yardas <sup>2</sup>	11960
Galones US. a metros <sup>3</sup>	0.003785	Hectáreas a metros <sup>2</sup>	10000
Galones US. a pulgadas <sup>3</sup>	231	Hectáreas a cuadras <sup>2</sup>	1.5625
Galones US. a centímetros <sup>3</sup>	3785		
Galones US. a yardas <sup>3</sup>	0.004951		
Galones US. a pies <sup>3</sup>	0.1337		
Galones Imperial a pies <sup>3</sup>	0.1605		

PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR	PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR
Hectáreas a pies <sup>2</sup>	107640	Kilogramos a quintales	0.01
Hectáreas a acres	2.471	Kilogramos-caloría a pies-libras	3086
Hectáreas a fanegadas	1.5527	Kilogramos-caloría a British-terminal-unit	3.969
Horse-power a British-terminal unit por mín.	42.44	Kilogramos-caloría a Horse-power-horas	0.001558
Horse-power a pies-libras por minuto.	33000	Kilogramos-caloría a kilowattios-hora	0.001162
Horse-power a Horse-power (métrico)	1.014	Kilogramos-caloría por mín. a pies-libras por segundo	51.43
Horse-power a wattios	745.7	Kilogramos-caloría por mín. a Horse-power	0.09351
Horse-power a kilogramos-caloría por minuto	10.70	Kilogramos-caloría por mín. a kilowattios	0.06972
Horse-power (boiler) a British-terminal-unit por hora	33.479	Kilogramos por metro <sup>2</sup> a atmósferas	0.00009678
Horse-power (boiler) a kilowattios	9.803	Kilogramos por metro <sup>2</sup> a pies de agua	0.003281
Horse-power-horas a British-terminal-unit	2547	Kilogramos por metro <sup>2</sup> a pulgadas de agua	0.0393
Horse-power a pies-libras por segundo	550	Kilogramos por metro <sup>2</sup> a pulgadas de mercurio	0.002896
Horse-power-horas a kilogramos-calorías	641.7	Kilogramos por metro <sup>2</sup> a centímetro de mercurio	0.007352
Horse-power-horas a kilogramos-metros	273700	Kilogramos por metro <sup>2</sup> a libras por pie <sup>2</sup>	0.2048
Horse-power-horas a kilowattios-hora	0.7457	Kilogramos por metro <sup>2</sup> a libras por pulgada <sup>2</sup>	0.001422
Kilómetros a centímetros	100000	Kilogramos por centímetro <sup>2</sup> a atmósferas	0.968
Kilómetros a pies	3281	Kilogramos por milímetro <sup>2</sup> a kilogramos por metro <sup>2</sup>	1000000
Kilómetros a metros	1000	Kilogramos por metro <sup>2</sup> a British-terminal-unit	0.0093
Kilómetros a yardas	1094	Kilogramos por seg. a caballos ingleses (HP)	0.01315
Kilómetros a varas	1250	Kilogramos por seg. a caballos métricos (HP)	0.01333
Kilómetros a millas	0.6214	Kilowattios a British-terminal-unit por mín.	56.92
Kilómetros <sup>2</sup> a yardas <sup>2</sup>	1196836	Kilowattios a pies-libras por minuto	44250
Kilómetros <sup>2</sup> a metros <sup>2</sup>	1000000	Kilowattios a pies-libras por segundo	737.6
Kilómetros <sup>2</sup> a pies <sup>2</sup>	10764961	Kilowattios a Horse-power	1.341
Kilómetros <sup>2</sup> a acres	247.11	Kilowattios a kilogramos-caloría por minuto	14.34
Kilómetros <sup>2</sup> a millas <sup>2</sup>	0.3861	Kilowattios a caballos métricos	1.35916
Kilómetros por hora a centímetros por seg.	27.78	Kilowattios a wattios	1000
Kilómetros por hora a pies por minuto	54.68	Kilowattios-hora a British-terminal-unit	3415
Kilómetros por hora a pies por segundo	0.9113	Kilowattios-hora a pies-libras	2655000
Kilómetros por hora a metros por minuto	16.67	Kilowattios-hora a kilogramos-caloría	860.5
Kilómetros por hora a nudos	0.5396	Kilowattios-hora a kilogramos-metros	367100
Kilómetros por hora a metros por segundo	0.277		
Kilómetros por hora a millas por hora	0.621		
Kilogramos a dynas	980665		
Kilogramos a arrobas	0.08		
Kilogramos a gramos	1000		
Kilogramos a libras inglesas	2.205		
Kilogramos a libras métricas	2		
Kilogramos a tons. (long)	0.0009842		
Kilogramos a tons. (short)	0.001102		
Kilogramos a tons. métricas	0.001		

PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR	PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR
Kilowatios-hora a Horse-power-horas	1.341	Libras por pulgada <sup>2</sup> a gramos por centímetro <sup>2</sup>	178.6
Leguas a metros	5000	Libras por pie <sup>2</sup> a pies de agua	0.01602
Leguas a kilómetros	5	Libras por pie <sup>2</sup> a centímetros de mercurio	0.0359
Leguas a millas	3.107	Libras por pie <sup>2</sup> a kilogramos por metro <sup>2</sup>	4.883
Libras a arrobas	0.04	Libras por pie <sup>2</sup> a pulgadas de agua	0.1922
Libras inglesas a gramos	453.5924	Libras por pie <sup>2</sup> a libras por pulgada <sup>2</sup>	0.006945
Libras inglesas a kilogramos	0.453	Libras por pie <sup>2</sup> a pulgadas de mercurio	0.01413
Libras inglesas a toneladas métricas	0.000453	Libras por pulgada <sup>2</sup> a atmósferas	0.06804
Libras inglesas a toneladas (short)	0.0005	Libras por pulgada <sup>2</sup> a libras por pie <sup>2</sup>	143.9
Libras inglesas a toneladas (long)	0.000446	Libras por pulgada <sup>2</sup> a pies de agua	2.307
Libras inglesas a onzas inglesas	16	Libras por pulgada <sup>2</sup> a pulgadas de mercurio	2.036
Libras inglesas a dracmas	256	Libras por pulgada <sup>2</sup> a pulgadas de agua	27.67
Libras inglesas a granos	7000	Libras por pulgada <sup>2</sup> a centímetros de mercurio	5.17
Libras avoir a libras (troy)	1.21528	Libras por pulgada <sup>2</sup> a kilogramos por metro <sup>2</sup>	703.1
Libras (troy) a granos	5760	Libras de agua a galones US.	0.1198
Libras (troy) a gramos	373.24	Libras de agua a pies <sup>3</sup>	0.01602
Libras (troy) a pennyweights (troy)	240	Libras de agua a pulgadas <sup>3</sup>	27.68
Libras (troy) a onzas (troy)	12	Litros a pintas	2.113
Libras (troy) a libras (avoir)	0.822857	Litros a cuartos	1.057
Libras (troy) a onzas (avoir)	13.1657	Litros a Bushel	0.283
Libras (troy) a toneladas (long)	0.00036735	Litros a galones (Imperial)	0.21997
Libras (troy) a toneladas (short)	0.00041143	Litros a US. galones	0.2642
Libras (troy) a toneladas (métricas)	0.00037324	Litros a barriles	0.00629
Libras españolas a gramos	460.0	Litros a pies <sup>3</sup>	0.03531
Libras españolas a onzas españolas	16	Litros a pulgadas <sup>3</sup>	61.03
Libras españolas a toneladas (métricas)	0.000460	Litros a metros <sup>3</sup>	0.001
Libras españolas a toneladas (long)	0.000452	Litros a yardas <sup>3</sup>	0.001308
Libras españolas a toneladas (short)	0.000507	Litros por seg. a pies <sup>3</sup> por minuto	2.1186
Libra métrica a gramos	500.0	Litros por seg. a yardas <sup>3</sup> por minuto	0.0784
Libra métrica a kilogramos	0.5	Litros por seg. a pulgadas mineras US.	1.412
Libra métrica a tonelada métrica	0.0005	Litros por seg. a galones US. por minuto	15.852
Libra métrica a tonelada (short)	0.000551	Litros por seg. a paja de agua (12 líneas)	4.36
Libra métrica a tonelada (long)	0.000492	Litros por seg. a paja de agua (10 líneas)	6.28
Libras métricas a arrobas	0.04	Litros por min. a pies <sup>3</sup> por segundo	0.0005886
Libras-pies a kilográmetros	1.488	Litros por minuto a galones por segundo	0.004403
Libras pies por seg. a caballos métricos (HP)	0.001843	Litros por min. a paja de agua (12 líneas)	0.0727
Libras-pies por seg. a caballos ingleses (HP)	0.001818		

PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR	PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR
Litros por min. a paja de agua (10 líneas)	0.1046	Micras a metros	0.000001
Metros a pies	3.281	Milímetros <sup>2</sup> a centímetros <sup>2</sup>	0.01
Metros a pulgadas	39.37	Milímetros <sup>2</sup> a pulgadas <sup>2</sup>	0.00155
Metros a varas	1.25	Millas a metros	1609
Metros a yardas	1.094	Millas a pies	5280
Metros a kilómetros	0.001	Millas a yardas	1760
Metros a millas	0.00062	Millas a kilómetros	1.609
Metros a leguas	0.0002	Millas a centímetros	160900
Metros a nudos	0.000539	Millas a nudos	0.8684
Metros a cuadras	0.0125	Millas <sup>2</sup> a acres	640
Metros a brazas	0.54	Millas <sup>2</sup> a pies <sup>2</sup>	27880000
Metros a minutos terrestres	0.00054	Millas <sup>2</sup> a yardas <sup>2</sup>	3098000
Metros a segundos terrestres	0.0324	Millas <sup>2</sup> a metros <sup>2</sup>	2588881
Metros a grados terrestres	0.000009	Millas <sup>2</sup> a kilómetros <sup>2</sup>	2.590
Metros de agua a atmósferas	0.0968	Millas por hora a centímetros por segundo	44.70
Metros <sup>2</sup> a centímetros <sup>2</sup>	10000	Millas por hora a pies por minuto	88
Metros <sup>2</sup> a pies <sup>2</sup>	10.764	Millas por hora a pies por segundo	1.467
Metros <sup>2</sup> a pulgadas <sup>2</sup>	1550.00	Millas por hora a kilómetros por hora	1.609
Metros <sup>2</sup> a varas <sup>2</sup>	1.5625	Millas por hora a metros por minuto	26.82
Metros <sup>2</sup> a yardas <sup>2</sup>	1.196	Millas por hora a metros por segundo	0.447
Metros <sup>2</sup> a kilómetros <sup>2</sup>	0.000001	Millas per hora a nudos	0.8684
Metros <sup>2</sup> a millas <sup>2</sup>	0.000003361	Millas por min. a centímetros por segundo	2682
Metros <sup>2</sup> a cuadras <sup>2</sup>	0.00015625	Millas por min. a pies por segundo	88
Metros <sup>2</sup> a acres	0.000247	Millas por minuto a kilómetros por minuto	1.609
Metros <sup>2</sup> a fanegadas	0.000156	Millas por minuto a millas por hora	60
Metros <sup>3</sup> a galones US.	264.2	Millones de galones por día a pies <sup>3</sup> por segundo	1.54723
Metros <sup>3</sup> a litros	1000	Minutos terrestres a metros	1851.85
Metros <sup>3</sup> a pintas	2113	Minutos (ángulo) a radianes	0.0002909
Metros <sup>3</sup> a cuartos	1057	Nudos a metros	1853.15
Metros <sup>3</sup> a centímetros <sup>3</sup>	1000000	Nudos a millas	1.1517
Metros <sup>3</sup> a pies <sup>3</sup>	35.3145	Nudos a kilómetros	1.8532
Metros <sup>3</sup> a varas <sup>3</sup>	1.953	Onzas Inglesas a granos	437.5
Metros <sup>3</sup> a pulgadas <sup>3</sup>	61023	Onzas Inglesas a onzas (troy)	0.9115
Metros <sup>3</sup> a yardas <sup>3</sup>	1.308	Onzas Inglesas a toneladas (short)	0.0000312
Metros por min. a centímetros por segundo	1.667	Onzas Inglesas a toneladas (long)	0.0000279
Metros por min. a pies por minuto	3.281	Onzas Inglesas a toneladas (métricas)	0.00002835
Metros por minuto a pies por segundo	0.05468	Onzas Inglesas a dracmas	16
Metros por min. a kilómetros por hora	0.06	Onzas Inglesas a gramos	28.349
Metros por min. a millas por hora	0.03728	Onzas (avoir) a libras (troy)	0.0759
Metros por seg. a pies por minuto	196.8	Onzas (troy) a granos	480
Metros por seg. a pies por segundo	3.281	Onzas (troy) a gramos	31.103481
Metros por seg. a kilómetros por hora	3.6	Onzas (troy) a pennyweights (troy)	20
Metros por seg. a kilómetros por minuto	0.06		
Metros por seg. a millas por hora	2.237		
Metros por seg. a millas por minuto	0.03728		

PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR	PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR
Onzas (troy) a libras (troy)	0.08333	Pies por minuto a kilóme- tros por hora	0.01829
Onzas (troy) a onzas (avoird)	1.09714	Pies por min. a metros por minuto	0.3048
Paja de agua de 10 líneas a litros por segundo	0.159	Pies por minuto a millas por hora	0.01136
Paja de agua de 12 líneas a litros por segundo	0.229	Pies <sup>3</sup> por min. a litros por segundo	0.4720
Paja de agua de 10 líneas a litros por minuto	9.54	Pies <sup>3</sup> por min. a pulgada mi- nera US.	0.66
Paja de agua de 12 líneas a litros por minuto	13.74	Pies <sup>3</sup> por min. a centímetros <sup>3</sup> por segundo	472.0
Pennyweights (troy) a gra- mos	1.55517	Pies <sup>3</sup> por min. a galones por segundo	0.1247
Pennyweights (troy) a onzas (troy)	0.05	Pies <sup>3</sup> por min. a libras de agua por minuto	62.48
Pennyweights (troy) a gra- nos	24	Pies por seg. a centímetros por segundo	30.48
Pennyweights (troy) a libras (troy)	0.0041667	Pies por segundo a metros por segundo	0.304
Pies a centímetros	30.48	Pies por segundo a kilóme- tros por hora	1.097
Pies a pulgadas	12	Pies por seg. a nudos	0.5921
Pies a yardas	0.3333	Pies por seg. a metros por minuto	18.29
Pies a metros	0.3048	Pies por seg. a pies por min.	59.98
Pies a varas	0.381	Pies por seg. a millas por hora	0.6818
Pies a kilómetros	0.000304	Pies por seg. a millas por minuto	0.1136
Pies a millas	0.000189	Pies <sup>3</sup> por seg. a galones US. por minuto	448.831
Pies <sup>2</sup> a acres	0.00002296	Pies <sup>3</sup> por seg. a millones de galones por día	0.646317
Pies <sup>2</sup> a áreas	0.000929	Pies <sup>3</sup> por hora a toneladas de agua en 24 horas	0.749
Pies <sup>2</sup> a centímetros <sup>2</sup>	929.0	Pies-libras a British-termal- unit	0.00128
Pies <sup>2</sup> a pulgadas <sup>2</sup>	144	Pies-libras a Horse-power por hora	0.00000505
Pies <sup>2</sup> a yardas <sup>2</sup>	0.111	Pies-libras a kilowatios por hora	0.000003766
Pies <sup>2</sup> a metros <sup>2</sup>	0.0929	Pies-libras a kilogramos-ca- lorías	0.000324
Pies <sup>2</sup> a millas <sup>2</sup>	0.00000003587	Pies-libras a kilográmetros	0.1383
Pies <sup>3</sup> a litros	28.32	Pies-libras por min. a Bri- tish-termal-unit por min.	0.001286
Pies <sup>3</sup> a libras de agua	62.42	Pies-libras por min. a pies- libras por segundo	0.01667
Pies <sup>3</sup> a galones US	7.48052	Pies-libras por min. a Horse- power	0.0000303
Pies <sup>3</sup> a centímetros <sup>3</sup>	28320	Pies-libras por min. a kilo- gramos-calorías por min.	0.0003241
Pies <sup>3</sup> a pulgadas <sup>3</sup>	1728	Pies-libras por min. a kilo- watios	0.0000226
Pies <sup>3</sup> a yardas <sup>3</sup>	0.03704	Pies-libras por seg. a Bri- tish-termal-unit por min.	0.07717
Pies <sup>3</sup> a metros <sup>3</sup>	0.02832		
Pies <sup>3</sup> a galones imperial	6.2305		
Pies <sup>3</sup> a pintas	59.84		
Pies <sup>3</sup> a cuartos	29.92		
Pies de agua a atmósferas	0.02950		
Pies de agua a pulgadas de mercurio	0.8826		
Pies de agua a libras por pulgada <sup>2</sup>	0.4335		
Pies de agua a centímetros de mercurio	2.241		
Pies de agua a kilogramos por metro <sup>2</sup>	304.8		
Pies de agua a libras por pie <sup>2</sup>	62.43		
Pies por min. a centímetros por segundo	0.5080		
Pies por min. a pies por se- gundo	0.01667		



PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR	PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR
Pies-libras por seg. a Horse-power	0.001818	Pulgadas de agua a libras por pie <sup>2</sup>	5.202
Pies-libras por seg. a kilogramos-calorías por min.	0.1945	Pulgadas de agua a libras por pulgada <sup>2</sup>	0.03613
Pies-libras por seg. a kilowatios	0.001356	Puchas a almudes	0.0625
Pintas a litros	0.473	Quintales métricos a arrobas	8
Pintas a galones US.	0.125	Quintal métrico a kilogramos	100
Pintas a centímetros <sup>3</sup>	473	Radianes a grados	57.30
Pintas a pulgadas <sup>3</sup>	28.87	Radianes a minutos	3438
Pintas a yardas <sup>3</sup>	0.000618	Badianes a cuadrantes	0.637
Pintas a metros <sup>3</sup>	0.000473	Radianes a revoluciones	0.159
Pintas a pies <sup>3</sup>	0.0167	Radianes por seg. a revoluciones por segundo	0.1592
Pulgadas a centímetros	2.540	Radianes por seg. a revoluciones por min.	9.549
Pulgadas a pies	0.0833	Resma a hojas	500
Pulgadas a metros	0.0254	Reales a castellanos	0.062
Pulgadas a yardas	0.277	Revoluciones a grados	360
Pulgadas a varas	0.0317	Revoluciones a cuadrantes	4
Pulgadas a milímetros	25.4	Revoluciones a radianes	6.283
Pulgadas <sup>2</sup> a centímetros <sup>2</sup>	6.452	Revoluciones por min. a grados por seg.	6
Pulgadas <sup>2</sup> a pies <sup>2</sup>	0.006944	Revoluciones por min. a radianes por seg.	0.1047
Pulgadas <sup>2</sup> a metros <sup>2</sup>	0.000645	Revoluciones por min. a revoluciones por seg.	0.01667
Pulgadas <sup>2</sup> a yardas <sup>2</sup>	0.000771	Revoluciones por seg. a grados por segundo	360
Pulgadas <sup>2</sup> a varas <sup>2</sup>	0.001007	Revoluciones por seg. a radianes por seg.	6.283
Pulgadas <sup>2</sup> a milímetros <sup>2</sup>	645.16	Revoluciones por seg. a revoluciones por minuto.	60
Pulgadas <sup>3</sup> a galones US.	0.004329	Segundos terrestres a metros	30.884
Pulgadas <sup>3</sup> a litros	0.01639	Segundos (ángulo) a radianes	0.000004848
Pulgadas <sup>3</sup> a libras de agua	0.0361	Segundos a grados (ángulo)	0.000277
Pulgadas <sup>3</sup> a pintas	0.03463	Tomines a castellanos	0.125
Pulgadas <sup>3</sup> a cuartos	0.01732	Toneladas métricas a libras métricas	2000
Pulgadas <sup>3</sup> a centímetros <sup>3</sup>	16.39	Toneladas métricas a libras inglesas	2205
Pulgadas <sup>3</sup> a pies <sup>3</sup>	0.0005787	Toneladas métricas a onzas inglesas	35280
Pulgadas <sup>3</sup> a metros <sup>3</sup>	0.00001639	Toneladas métricas a arrobas	80
Pulgadas <sup>3</sup> a yardas <sup>3</sup>	0.00002143	Toneladas métricas a libras (troy)	2679.24
Pulgada minera US. a litros por seg.	0.708	Toneladas métricas a libras españolas	2174
Pulgada minera US. a pies <sup>3</sup> por minuto	1.5	Toneladas métricas a kilogramos	1000
Pulgadas de mercurio a atmósferas	0.03342	Toneladas métricas a toneladas (long)	0.98
Pulgadas de mercurio a pulgadas de agua	13.6	Toneladas métricas a toneladas (short)	1.102
Pulgadas de mercurio a pies de agua	1.133	Toneladas (long) a libras inglesas	2240
Pulgadas de mercurio a kilogramos por metros <sup>2</sup>	345.3		
Pulgadas de mercurio a libras por pie <sup>2</sup>	70.73		
Pulgadas de mercurio a libras por pulgada <sup>2</sup>	0.4912		
Pulgadas de agua a atmósferas	0.002458		
Pulgadas de agua a pulgadas de mercurio	0.07355		
Pulgadas de agua a kilogramos por metro <sup>2</sup>	25.40		
Pulgadas de agua a onzas por pulgada <sup>2</sup>	0.5781		

PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR	PARA CONVERTIR	MULTIPLICAR POR
Toneladas (long) a libras (troy)	2722.19	Varas <sup>2</sup> a cuerdas <sup>2</sup>	0.0001
Toneladas (long) a libras métricas	2032	Varas <sup>2</sup> a acres	0.000158
Toneladas (long) a libras españolas	2208.70	Varas <sup>2</sup> a fanegadas	0.00009938
Toneladas (long) a onzas inglesas	35840	Varas <sup>2</sup> a hectáreas	0.000064
Toneladas (long) a kilogramos	1016	Varas <sup>3</sup> a metros <sup>3</sup>	0.512
Toneladas (long) a toneladas (short)	1.12	Yardas a metros	0.9144
Toneladas (long) a toneladas métricas	1.016	Yardas a centímetros	91.44
Toneladas (short) a libras inglesas	2000	Yardas a pies	3
Toneladas (short) a libras métricas	1814.36	Yardas a pulgadas	36
Toneladas (short) a libras españolas	1972.14	Yardas a Kilómetros	0.000914
Toneladas (short) a onzas inglesas	32000	Yardas a millas	0.000568
Toneladas (short) a libras (troy)	2430.56	Yardas <sup>2</sup> a fanegadas	0.000129
Toneladas (short) a onzas (troy)	29166.66	Yardas <sup>2</sup> a metros <sup>2</sup>	0.8361
Toneladas (short) a kilogramos	907.18486	Yardas <sup>2</sup> a centímetros <sup>2</sup>	8361
Toneladas (short) a toneladas (long)	0.89287	Yardas <sup>2</sup> a pies <sup>2</sup>	9
Toneladas (short) a toneladas métricas	0.90718	Yardas <sup>2</sup> a pulg <sup>2</sup>	1296
Toneladas de agua en 24 horas a libras de agua por hora	83.333	Yardas <sup>2</sup> a cuerdas <sup>2</sup>	0.0001306
Toneladas de agua en 24 horas a galones US. por min.	0.16643	Yardas <sup>2</sup> a acres	0.0002066
Toneladas de agua en 24 horas a galones por minuto	1.3349	Yardas <sup>2</sup> a hectáreas	0.0000836
Toneladas por pie <sup>2</sup> a atmósferas	0.945	Yardas <sup>2</sup> a varas <sup>2</sup>	1.3
Varas a cuerdas	0.01	Yardas <sup>3</sup> a centímetros <sup>3</sup>	764600
Varas a metros	0.80	Yardas <sup>3</sup> a metros <sup>3</sup>	0.7646
Varas a pies	2.62	Yardas <sup>3</sup> a pies <sup>3</sup>	27
Varas a pulgadas	31.49	Yardas <sup>3</sup> a pulgadas <sup>3</sup>	46656
Varas a centímetros	80	Yardas <sup>3</sup> a galones US.	202.0
Varas <sup>2</sup> a metros <sup>2</sup>	0.64	Yardas <sup>3</sup> a litros	764.6
Varas <sup>2</sup> a pies <sup>2</sup>	6.88	Yardas <sup>3</sup> a pintas	1616
Varas <sup>2</sup> a pulgadas <sup>2</sup>	992.9	Yardas <sup>3</sup> a cuartos	807.9
Varas <sup>2</sup> a centímetros <sup>2</sup>	6400	Yardas <sup>3</sup> por min. a pies <sup>3</sup> por segundo	0.45
		Yardas <sup>3</sup> por min. a galones por segundo	3.367
		Yardas <sup>3</sup> por min. a litros por segundo	12.74
		Wattios a kilowattios	0.001
		Wattios a Horse-power	0.001341
		Wattios a British-thermal-unit por minuto	0.05692
		Wattios a pies-libras por min.	44.26
		Wattios a pies-libras por seg.	0.7376
		Wattios a kilogramos-calorías por minuto	0.01434
		Wattios-hora a British-thermal unit	3.415
		Wattios-hora a pies-libras	2655
		Wattios-hora a Horse-power-horas	0.001341
		Wattios-hora a kilogramos-calorías	0.8605
		Wattios-hora a kilográmetros	867.1

LISTA DE MINERALES, SU COMPOSICION Y CARACTERISTICAS

Mineral	COMPOSICION		Dureza	Gravedad específica
	Fórmula	Cuando puro		
Actinoflita	$\text{Ca}_2(\text{MgFe})_2(\text{SiO})_4$	No es fuente de mineral comercial	5.0 — 6.0	3.0 — 3.2
Albita	(KNa) $\text{AlSi}_3\text{O}_8$	$\text{Al}_2\text{O}_3$ - 15%	6.0 — 6.6	2.6 — 2.7
Almandita	$\text{Fe}_2\text{Al}_2(\text{SiO})_3$	No es fuente de mineral comercial	6.5 — 7.5	3.1 — 4.3
Amosita	$(\text{FeCaH}_2\text{Mn})\text{OSiO}_2$	No es fuente de mineral comercial	.....	2.2 — 2.3
Analcita	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3$ - 23.2%	5.0 — 5.5	2.2 — 2.3
Andalucita	$\text{Al}_2\text{SiO}_5$	$\text{Al}_2\text{O}_3$ - 63.2%	7.5	3.2
Andradita	$\text{Ca}_3\text{Fe}_3(\text{SiO})_3$	No es fuente de mineral comercial	6.5 — 7.5	3.1 — 4.3
Anglesita	$\text{PbSO}_4$	Pb - 68.3%	2.8 — 3.0	6.1 — 6.4
Anorthita	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	$\text{Al}_2\text{O}_3$ - 36.7%	6.0 — 6.5	2.7 — 2.8
Anthofilita	$(\text{MgFe})\text{SiO}_3$	No es fuente de mineral comercial	5.0	3.0 — 3.2
Apatita	$\text{Ca}_5(\text{CaF})(\text{PO}_4)_3$	No es fuente de mineral comercial	4.5 — 5.0	3.2
Aragonita	$\text{CaCO}_3$	$\text{P}_2\text{O}_5$ - 28.1%	3.5 — 4.0	2.9
Argentita	$\text{Ag}_2\text{S}$	$\text{CaO}$ - 56.0%	2.0 — 2.5	7.2 — 7.4
Arsenopirrita	$\text{FeAsS}$	Ag - 87.1%	3.0 — 3.5	5.9 — 6.3
Atacamita	$\text{Cu}_2\text{Cl}_2\text{O}_3$	Fe - 43.7%, As - 31.2%	3.5 — 4.0	3.8
Azurita	$3\text{CuCO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Cu - 59.5%	2.5 — 3.5	3.8 — 3.9
Barita	$\text{BaSO}_4$	Cu - 46.3%	1.0 — 3.0	4.3 — 4.6
Bauxita	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{BaO}$ - 55.7%	2.1	2.6
Bentonita	$(\text{CaMg})\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot (\text{AlFe})_2\text{O}_3$	Al - 34.9%	1.0	2.1
Berilo	$\text{Be}_2\text{Al}_3(\text{SiO}_3)_6$	No es fuente de mineral comercial	7.5 — 8.0	2.6 — 2.8
Biotita	(HK) $(\text{MgFe})\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$	Be - 5%, $\text{Al}_2\text{O}_3$ - 19%	2.7 — 3.1	2.7 — 3.1
Bismuto	$\text{Bi}_2\text{O}_3$	No es fuente de mineral comercial	.....	4.4
Bismutinita	$\text{Bi}_2\text{S}_3$	Bi - 81.2%	2.0	6.4 — 6.5
Bismutita	$(\text{BiO})_2\text{CO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	No es fuente de mineral comercial	.....	6.9 — 7.7
Bórax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	$\text{B}_2\text{O}_3$ - 36.6%, $\text{Na}_2\text{O}$ - 16.2%	2.0 — 2.5	1.7

LISTA DE MINERALES, SU COMPOSICION Y CARACTERISTICAS

Mineral	COMPOSICION		Dureza	Gravedad específica
	Fórmula	Cuando puro		
Bornita	$Cu_3FeS_3$	Cu - 61.8%, Fe - 11.7%	3.0 - 3.5	4.9 - 5.4
Bornotita	$3Pb(Cu_2)Sb_2S_9$	No es fuente de mineral comercial	2.5 - 3.0	5.7 - 5.9
Bronita	$Mn_2O_3$	Mn - 69.6%	.....	4.8
Brochantita	$CuSO_4 \cdot 3Cu(OH)_2$	Cu - 66.2%	3.5 - 4.0	3.9
Bronchita	$MgO \cdot H_2O$	MgO - 69%	2.5	2.4
Calamina	$2ZnO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$	Zn - 54.2%, $SiO_2$ - 25%	4.5 - 5.0	3.4 - 3.5
Calaverita	$AuTe_2$	Au - 44.03%, Te - 55.97%	2.5	9.0
Calcita	$CaCO_3$	CaO - 56.0%	3.0	2.7
Casiterita	$SnO_2$	Sn - 78.8%	6.0 - 7.0	6.8 - 7.1
Celestita	$SrSO_4$	Sr - 45.7%	3.0 - 3.5	3.9 - 4.0
Cerargirita	$AgCl$	Ag - 75.3%	1.0 - 1.5	5.6
Cerussita	$PbCO_3$	Pb - 77.5%	3.0 - 3.5	6.5 - 6.6
Cervantita	$Sb_2O_3$	Sb - 79.2%	4.0 - 5.0	4.1 - 5.3
Chalcantita	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	CuO - 31.8%	3.5	2.1 - 2.3
Chalcotonga	$SiO_2$	No es fuente de mineral comercial	7.0	2.6 - 2.7
Chalcoita	$Cu_2S$	Cu - 79.8%	2.5 - 3.0	5.5 - 5.8
Calcopirrita	$CuFeS_2$	Cu - 34.6%, Fe - 30.5%	3.5 - 4.0	4.1 - 4.3
Cromita	$FeO \cdot Cr_2O_3$	Fe - 25%, Cr - 46.2%	5.5	4.3 - 4.6
Crisoberilo	$BeAl_2O_3$	BeO - 19.8%, $Al_2O_3$ - 80.2%	8.5	3.7 - 3.8
Crisocolo	$CuOSiO_3 \cdot 2H_2O$	Cu - 22.1%	2.0 - 4.0	2.0 - 2.2
Crisolita	$2(MgFe)OSiO_2$	No es fuente de mineral comercial	6.5 - 7.0	3.3
Crisotilo	$H_2(MgFe)_3Si_2O_8 \cdot H_2O$	$Mg$ - 43%, $Si$ - 44.1%	4.0	2.5 - 2.7
Cinabrio	$HgS$	Hg - 86.2%	2.0 - 2.5	8.0 - 8.2
Cobaltita	$CoAsS$	Co - 35.5%, As - 45.2%	5.5	6.6
Colomanita	$Ca_2P_2O_7 \cdot 5H_2O$	No es fuente de mineral comercial	4.0 - 4.5	2.4
Corindon	$Al_2O_3$	Al - 53.3%	9.0	3.9 - 4.1
Cobellita	$CuS$	Cu - 66.5%	2.5	4.5
Crocidolita	$NaFe(SiO_3)_2 \cdot FeSiO_3$	No es fuente de mineral comercial	4.0 - 5.0	3.2 - 3.3
Criolita	$Na_3AlF_6$	Al - 13%, F - 54.4%, Na - 32.8%	2.5	3.0
Cuprita	$Cu_2O$	Cu - 88.8%	3.5 - 4.0	5.9 - 6.2

LISTA DE MINERALES, SU COMPOSICION Y CARACTERISTICAS

Mineral	COMPOSICION		Dureza	Gravedad especifica
	Fórmula	Cuando puro		
Cuarzo	SiO <sub>2</sub>	Si 46.9%	7.0	2.7
Cianita	Al <sub>2</sub> SiO <sub>5</sub>	Al - 33.3%, Si - 17.2%	4.0 - 7.0	3.6
Diamante	C	C - 100%	10.0	3.5
Diasporo	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ·H <sub>2</sub> O	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 85%	6.5 - 7.0	3.4
Dolomita	(CaMg)CO <sub>3</sub>	CaO - 30.4%, MgO - 21.9%	3.5 - 4.0	2.8 - 2.9
Enargita	Cu <sub>2</sub> As <sub>4</sub>	Cu - 48.4%, As - 19.1%	3.0	4.4
Epidota	HCa <sub>2</sub> (AlFe)Si <sub>3</sub> O <sub>13</sub>	No es fuente de mineral comercial	6.0 - 7.0	3.2 - 3.5
Eritrina	CO <sub>3</sub> As <sub>2</sub> O <sub>8</sub> ·8H <sub>2</sub> O	No es fuente de mineral comercial	.....	3.0
Esfalerita	ZnS	Zn - 67.1%	3.5 - 4.0	3.9 - 4.1
Espinel	MgOAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 71.8, MgO - 28.2%	8.0	3.5 - 4.1
Espodumen	LiAl(SiO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Litina - 8.4%, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 27.4%	6.5 - 7.0	3.1 - 3.2
Estanita	Cu <sub>2</sub> FeS <sub>2</sub> SnS <sub>2</sub>	Sn - 27.8%, Cu - 19.4%	4.0	4.5
Estefanita	5As <sub>2</sub> S <sub>3</sub> ·Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Ag - 68.5%, Sb - 15.3%	2.0 - 2.5	6.2 - 6.3
Estibina	Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	Sb - 71.8%	2.0	4.5 - 4.6
Estroncolomita	SrCO <sub>3</sub>	Sr - 56.7%	3.5 - 4.0	3.7
Ferberita	Fe(Mn)WO <sub>4</sub>	Fe - 30.9%, W - 51.3%	5.0 - 5.5	7.2 - 7.5
Fluorita	CaF <sub>2</sub>	F - 48.9%, Ca - 51.1%	4.0	5.0 - 3.3
Francinita	(ZnFeMn)O (FeMn) <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zn - 5.5%, Mn - 7.5%, Fe - 51.8%	5.5 - 6.5	5.2
Galenita	PbS	Pb - 86.6%	3.0	7.4 - 7.6
Granate	Varios	No es fuente de mineral comercial	6.5 - 7.5	3.2 - 4.3
Garnierita	H <sub>2</sub> O(NiMg)O·SiO <sub>2</sub> · $\frac{1}{2}$ H <sub>2</sub> O	Ni - 25%	2.0 - 4.0	2.4
Gentita	2NiO·2MgO·SiO <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	Ni - 22.6%	2.0 - 4.9	2.4
Gibbsita	Al(OH) <sub>3</sub>	Al - 34.6%	2.0 - 3.5	2.4
Grafito	C	C - 100%	1.0 - 2.0	2.2
Grinokita	CdS	Cd - 77.7%	3.0 - 3.5	5.0
Grosularita	Ca <sub>3</sub> Al <sub>2</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	No es fuente de mineral comercial	6.5 - 7.5	3.4 - 3.7
Hallaíta	NaCl	Na - 39.4%	2.5	2.1 - 2.6
Haloisita	H <sub>4</sub> Al <sub>3</sub> O <sub>7</sub> ·2SiO <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	No es fuente de mineral comercial	.....	2.0 - 2.2
Hematita	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe - 70%	5.5 - 6.5	4.9 - 5.3
Hessita	As <sub>2</sub> Te	Ag - 63%, Te - 37%	2.5 - 3.0	8.3 - 8.9



LISTA DE MINERALES, SU COMPOSICION Y CARACTERISTICAS

Mineral	COMPOSICION		Dureza	Gravedad específica
	Fórmula	Cuando puro		
Hornblenda	$mCa(MgFe)_3(SiO_3)_4 + n(AlFe)(FOH)SiO_3$	Fuente de asbesto	5.0 - 6.0	3.2
Hübnerita	MnWO <sub>4</sub>	Mn - 18.1%, W - 60.7%	5.0 - 5.5	7.2 - 7.5
Hidrozinquita	$3ZnCO_3 \cdot 2H_2O$	No es fuente de mineral comercial	2.0 - 2.5	3.6 - 3.8
Hiperesteno	$(FeMg)SiO_3$	No es fuente de mineral comercial	5.0 - 6.0	3.5
Ilmenita	FeTiO <sub>3</sub>	Ti - 31.6%, Fe - 36.8%	5.0 - 6.5	5.6 - 5.7
Iodrita	AgI	Ag - 46%, I - 54%	3.0 - 4.0	5.6 - 5.7
Irodosmina	IrOs(RhPtRu)	Liga de metales raros	.....	19.3 - 21.1
Jamesonita	Pb <sub>3</sub> FeSb <sub>3</sub> Si <sub>14</sub>	Pb - 50.8, Sb - 29.5%	2.0 - 3.0	5.5 - 6.0
Kaimita	MgSO <sub>4</sub> · KCl · 3H <sub>2</sub> O	KCl - 38.4	2.0	2.1
Kaolinita	H <sub>4</sub> Al <sub>2</sub> Si <sub>2</sub> O <sub>9</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> - 39.5%	2.0 - 2.5	2.6
Leucita	KAlSi <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	.....	5.5 - 6.0	2.5
Limonita	2Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 3H <sub>2</sub> O	Fe - 59.9%	5.0 - 5.5	3.6 - 4.0
Linaita	(CoNi) <sub>2</sub> S <sub>4</sub>	Co - 21.3%, Ni - 30.5%	5.5	4.8 - 5.0
Magnesita	MgCO <sub>3</sub>	Mg - 28.6%	4.0 - 4.5	3.1
Magnetita	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Fe - 72.4%	5.5 - 6.5	5.2
Malaquita	2CuOCO <sub>2</sub> · H <sub>2</sub> O	Cu - 40.3%	3.5 - 4.0	4.0
Manganita	Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · H <sub>2</sub> O	Mn - 62.5%	4.0	4.1
Marcasita	FeS <sub>2</sub>	Fe - 46.6%	6.0 - 6.5	4.9
Marmatita	(ZnFe)S	Zn - 42.7%, Fe - 36.4%	5.0	3.9 - 4.2
Malaconita	CuO	Cu - 79.9%	3.0 - 4.0	6.0
Mellitita	Ca <sub>12</sub> Al <sub>14</sub> Si <sub>10</sub> O <sub>39</sub>	.....	.....	.....
Millerita	NiS	Ni - 64.8%	3.0 - 3.5	5.3 - 5.7
Mimetita	(PbCl)Pb <sub>3</sub> As <sub>3</sub> O <sub>12</sub>	Pb - 69.7%, AsO <sub>4</sub> - 23.2%	3.5	7.0 - 7.3
Molibdenita	MoS <sub>2</sub>	Mo - 60%	1.0 - 1.5	4.7 - 4.8
Molibdita	MoO <sub>3</sub>	.....	.....	4.5
Monazita	(ErNdPrYtCeLa)PO <sub>4</sub> (TbSi)O <sub>2</sub>	ThO <sub>2</sub> - 9%	5.0 - 5.5	4.9 - 5.3
Muscovita	HKAl <sub>3</sub> Si <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Fuente de mica	2.0 - 2.5	2.8 - 3.0
Nefelita	4Na <sub>2</sub> O · 4Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> · 9SiO <sub>2</sub>	No es fuente de mineral comercial	5.5 - 6.0	2.6 - 2.7
Nicolita	NiAs	Ni - 44.1%, As - 55.9%	5.0 - 5.5	7.3 - 7.7

LISTA DE MINERALES, SU COMPOSICION Y CARACTERISTICAS

Mineral	COMPOSICION			Dureza	Gravedad específica
	Fórmula	Cuando puro			
Olivina	$2(MgFe)OSiO_2$	No es fuente de mineral comercial		6.5 — 7.0	3.3
Opal	$SiO_2 \cdot nH_2O$	No es fuente de mineral comercial		5.3 — 6.5	1.9 — 2.3
Oropimente	$As_2S_3$	As - 61%, S - 39%		1.5 — 2.0	3.5
Ortoclasa	$(NaK)AlSi_3O_8$	$Al_2O_3$ - 18.4%, K - 14%		6.0 — 6.5	2.5 — 2.6
Pedandita	$(FeNi)S$	Fe - 30.3%, Ni - 34.2%		3.5 — 4.0	4.6 — 5.0
Pollbasita	$(AgCu)_{10}Sb_2S_{11}$	Ag - 75.6%, Sb - 9.4%		2.0 — 3.0	6.0 — 6.2
Prusita	$3Ag_2S \cdot As_2S_3$	Ag - 65.5%, As - 15.1%		2.0 — 2.5	5.6
Psilomelano	$MnO_2 \cdot H_2O \cdot (K_2O \cdot BaO)$	.....		5.0 — 6.0	3.7 — 4.7
Pirargirita	$3Ag_2S \cdot Sb_2S_3$	Ag - 60%, Sb - 22.2%		2.5	5.8 — 5.9
Pirita	$FeS_2$	Fe - 46.7%		6.0 — 6.5	5.0
Piroclucita	$MnO_2$	Mn - 63.2%		1.0 — 2.5	4.8
Piromorfita	$3Pb_3P_2O_8 + PbCl_2$	Pb - 76.4%		3.5 — 4.0	5.9 — 7.1
Piropo	$Mg_3Al_3(SiO_4)_3$	No es fuente de mineral comercial		6.5 — 7.6	3.7
Pirofilita	$HAl(SiO_3)_2$	$Al_2O_3$ - 28.3%, $SiO_2$ - 66.7%		1.0 — 2.0	2.8 — 2.9
Piroxeno	$Ca(AlMgMnFe)(SiO_3)_2$	No es fuente de mineral comercial		5.0 — 6.0	3.3
Pirrofito	$FeSn + I$	Fe - 61.5%		3.5 — 4.6	4.6
Realgar	$As_2S_2$	As - 70.1%, S - 29.9%		1.5 — 2.0	2.6
Rodocrosita	$MnCO_3$	MnO - 61.7%		3.5 — 4.5	3.5 — 3.6
Rodonita	$MnSiO_3$	Mn - 47.7%		5.5 — 6.5	3.4 — 3.7
Rubi	$Al_2O_3$	Al - 52.9%		9.0	4.0
Rutilo	$TiO_2$	Ti - 60%		6.0 — 6.5	4.2
Schellita	$CaWO_4$	CaO - 19.5%, W - 63.9%		4.5 — 5.0	5.9 — 6.1
Senarmonita	$Sb_2O_3$	Sb - 83.6%		.....	5.3
Serpentina	$H_3(MgFe)_3Si_2O_8 \cdot H_2O$	Mg - 43%, Si - 44.1%		4.0	2.5 — 2.6
Siderita	$FeCO_3$	Fe - 48.3%		3.5 — 4.0	3.9
Smaltita	$(NiCo)As_2$	Co - 28.2%, As - 71.8%		5.5 — 6.0	4.9 — 5.1
Smitssonita	$ZnCO_3$	Zn - 52.0%		5.0	4.3 — 4.5
Spesartita	$Mn_2Al_2(SiO_4)_3$	No es fuente de mineral comercial		6.5 — 7.5	4.0 — 4.3
Silvanita	$(AuAg)Te_2$	Au - 24.5%, Ag - 13.4%, Te - 62.1%		1.5 — 2.0	7.9 — 8.3

LISTA DE MINERALES, SU COMPOSICION Y CARACTERISTICAS

Mineral	COMPOSICION		Dureza	Gravedad específica
	Fórmula	Cuando puro		
Silvita	KCl	K - 52.4%, Cl - 47.6%	2.0	1.9
Talco	$H_2Mg_3(SiO_3)_4$	Magnesia - 31.7%, $SiO_2$ - 63.5%	1.0 - 1.5	2.7 - 2.8
Tenatita	$Cu_3As_2S_7$	Cu - 57.5%, As - 17%	3.0 - 4.5	4.4 - 4.5
Tenorita	CuO	Cu - 79.9%	3.0	5.8 - 6.3
Tefoita	$Mn_2SiO_4$	No es fuente de mineral comercial	6.5 - 7.0	4.0 - 4.1
Tetrahedrita	$4Cu_3S.Sb_2S_7$	Cu - 36.4%, Sb - 28.5%	3.0 - 4.5	4.4 - 5.1
Titanita	$CaTiO_5$	$TiO_2$ - 40.3%	5.0 - 5.5	3.4 - 3.6
Topacio	$Al(OF_2)_2AlSiO_4$	No es fuente de mineral comercial	8.0	3.4 - 3.6
Turmalina	$(NaLiK)_6(MgFeCa)_3(AlCrFe)_2B_2SiO_6$	No es fuente de mineral comercial	7.0 - 7.5	3.0 - 3.2
Tremolita	$(NaLiK)_6(MgFeCa)_3(AlCrFe)_2B_2SiO_6$	No es fuente de mineral comercial	5.0 - 6.0	2.9 - 3.4
Uraninita	$CaM_2(SiO_3)_4$	No es fuente de mineral comercial	9.0 - 9.7	9.0 - 9.7
Uvarovita	$UO_3UO_2$	Fuente de radio	5.5	3.5
Valentinita	$Ca_2Cr_2(SiO_4)_3$	No es fuente de mineral comercial	6.5 - 7.5	5.6
Wiemita	$Sb_2O_3$	Sb - 83.5%	.....	3.9 - 4.2
Wierlita	$2ZnO.SiO_2$	Zn - 58.5%, $SiO_2$ - 27.0%	5.5	4.4
Wolframita	$BaCO_3$	BaO - 77.7%	3.4	7.2 - 7.5
Wipenita	$(FeMn)WO_4$	(FeMn) - 30.9%, W - 51.3%	5.0 - 5.5	6.8
Yeso	$PbMoO_4$	Pb - 56.4 Mo - 26.2%	3.0	2.3
Zeravita	$CaSO_4.2H_2O$	CaO - 32.6%	1.5 - 2.0	.....
Zincita	$NiCO_3.2Ni(OH)_2.4H_2O$	Ni - 46.8%	.....	5.4 - 5.7
Zircón	ZnO	Zn - 80.3	4.0 - 4.5	4.2 - 4.7
	$ZrSiO_4$	$ZrO_2$ - 67.2%, $SiO_2$ - 32.8%	7.5	

---

**PESAS UNIDADES PARA EL ORO**

1 libra de oro .....	—	460	gramos
1 onza troy .....	—	31.103	gramos
1 castellano de oro .....	—	4.60	gramos
1 castellano de oro .....	—	8	tomines
1 castellano de oro .....	—	16	reales
1 castellano de oro .....	—	96	granos
1 peso de oro .....	—	$\frac{1}{2}$	castellano
1 tomín de oro .....	—	0.575	gramos
1 tomín de oro .....	—	2	reales
1 real de oro .....	—	0.2875	gramos
1 real de oro .....	—	6	granos
1 grano de oro .....	—	0.04792	gramos

---

**Libra esterlina y libra colombiana**

Ley oro .....	—	916.66
Peso .....	—	7.988 gramos

---

**Moneda americana de oro**

Dólar con 0.900 de ley oro y 1.672 gramos de peso. Agulla con 0.900 de ley oro y 16.718 gramos de peso (10 dólares).

---

**Cotizaciones del oro en New York**

- 1 onza de oro puro vale en New York U. S. \$ 35.00.
  - 1 kilogramo de oro puro vale en New York U. S. \$ 1.125.27
-

# Casa de Moneda de Medellín

## Fundada en 1813

**ESTABLECIMIENTO DE FOMENTO MINERO NACIONAL**

**PARA SERVIR LA GRAN INDUSTRIA**

**Y PROTEGER LA PEQUEÑA**

### Seguridad, Rapidez, Exactitud

Recibe para su fundición y ensaye (Decreto Ejecutivo N° 703 de 1933) el oro producido en las distintas secciones del país y efectúa las transferencias provenientes del valor de las barras sin ninguna comisión, por conducto de las Sucursales y Agencias del Banco de la República y de las Aduanas de Buenaventura y Barranquilla.

Las grandes mejoras introducidas en todas las dependencias, especialmente en sus laboratorios, con el fin de servir eficientemente los valiosos intereses del gremio minero y el cuerpo de expertos técnicos con más de 30 años de práctica, que trabajan en colaboración con la Casa, le permiten garantizar que los trabajos de fundición, ensaye y liquidación de metales y análisis de minerales, son de resultados exactos.

Las conexiones aéreas para el transporte de las remesas de oro de las distintas secciones de la República, ofrecen la mayor oportunidad a los productores y comerciantes de metales que deseen realizar sus operaciones con economía, seguridad y rapidez.

**TRANSPORTES LIBRES DE PORTES  
POR LOS CORREOS NACIONALES**

*Referencias:* Todos los Bancos del país y las grandes compañías mineras nacionales y extranjeras.

**Dirección telegráfica: "MONEDA"**

Apartado de correos N° 286



La ASOCIACION COLOMBIANA DE MINEROS es una corporación de fomento que tiene por objeto trabajar por la solidaridad e intereses del gremio minero y a tal fin busca apoyar, favorecer y facilitar las actividades de cada uno de sus asociados procurando el incremento y progreso de la industria en general.



La Revista "MINERIA" es el órgano de información y estudio de la ASOCIACION COLOMBIANA DE MINEROS. — Suscríbase.

CUADRO PARA CALCULAR EL VALOR DEL CASTELLANO DE ORO EN DOLARES A LA PAR  
Y EN MONEDA COLOMBIANA CON MERMAS DE 0 a 20% Y LEYES ENTRE 200 Y 1000 MILESIMAS

(Para usar el cuadro, véase a la vuelta)

	Leyes	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450
Mermas	0%	1.04	1.16	1.29	1.42	1.55	1.68	1.81	1.94	2.07	2.20	2.33
	1%	1.02	1.15	1.28	1.41	1.54	1.67	1.79	1.92	2.05	2.18	2.31
	2%	1.01	1.14	1.27	1.39	1.52	1.65	1.78	1.90	2.03	2.16	2.28
	3%	1.00	1.12	1.26	1.38	1.51	1.63	1.76	1.88	2.01	2.13	2.26
	4%	0.99	1.11	1.24	1.37	1.49	1.61	1.74	1.86	1.99	2.11	2.24
	5%	0.98	1.10	1.23	1.35	1.48	1.60	1.72	1.84	1.97	2.09	2.21
	6%	0.97	1.09	1.21	1.34	1.46	1.58	1.70	1.82	1.95	2.07	2.19
	7%	0.96	1.08	1.20	1.32	1.44	1.56	1.68	1.80	1.93	2.05	2.17
	8%	0.95	1.07	1.19	1.31	1.43	1.55	1.67	1.79	1.90	2.02	2.14
	9%	0.94	1.06	1.18	1.29	1.41	1.53	1.65	1.77	1.88	2.00	2.12
	10%	0.93	1.05	1.17	1.28	1.40	1.51	1.63	1.75	1.86	1.98	2.10
	11%	0.92	1.04	1.16	1.27	1.38	1.50	1.61	1.73	1.85	1.96	2.07
	12%	0.91	1.03	1.14	1.25	1.37	1.48	1.59	1.71	1.82	1.94	2.05
	13%	0.90	1.01	1.13	1.24	1.35	1.46	1.58	1.69	1.80	1.91	2.03
	14%	0.89	1.00	1.11	1.22	1.34	1.45	1.56	1.67	1.78	1.90	2.00
	15%	0.88	0.99	1.10	1.21	1.32	1.43	1.54	1.65	1.76	1.87	1.98
	16%	0.87	0.98	1.09	1.20	1.30	1.41	1.52	1.63	1.74	1.85	1.96
	17%	0.86	0.97	1.07	1.18	1.29	1.40	1.50	1.61	1.72	1.83	1.93
	18%	0.85	0.96	1.06	1.17	1.27	1.38	1.49	1.59	1.70	1.80	1.91
	19%	0.84	0.95	1.05	1.15	1.26	1.36	1.47	1.57	1.68	1.78	1.89
20%	0.83	0.94	1.04	1.14	1.24	1.35	1.45	1.55	1.66	1.76	1.86	

	Leyes	475	500	525	550	575	600	625	650	675	700	725
Mermas	0%	2.46	2.59	2.72	2.85	2.98	3.11	3.24	3.36	3.49	3.62	3.75
	1%	2.43	2.56	2.69	2.82	2.95	3.07	3.20	3.33	3.46	3.59	3.72
	2%	2.41	2.54	2.66	2.79	2.92	3.04	3.17	3.30	3.42	3.55	3.68
	3%	2.38	2.51	2.64	2.76	2.89	3.01	3.14	3.26	3.39	3.51	3.64
	4%	2.36	2.48	2.61	2.73	2.86	2.98	3.11	3.23	3.35	3.48	3.60
	5%	2.34	2.46	2.58	2.70	2.83	2.95	3.07	3.20	3.32	3.44	3.56
	6%	2.31	2.43	2.55	2.68	2.80	2.92	3.04	3.16	3.28	3.41	3.53
	7%	2.29	2.41	2.53	2.65	2.77	2.89	3.01	3.13	3.25	3.37	3.49
	8%	2.26	2.38	2.50	2.62	2.74	2.86	2.98	3.10	3.21	3.33	3.45
	9%	2.24	2.36	2.47	2.59	2.71	2.83	2.94	3.06	3.18	3.30	3.41
	10%	2.21	2.33	2.45	2.56	2.68	2.80	2.91	3.03	3.14	3.26	3.38
	11%	2.20	2.30	2.42	2.53	2.65	2.76	2.88	2.99	3.11	3.22	3.34
	12%	2.16	2.28	2.39	2.51	2.62	2.73	2.85	2.96	3.07	3.19	3.30
	13%	2.14	2.25	2.36	2.48	2.59	2.70	2.81	2.93	3.04	3.15	3.26
	14%	2.11	2.23	2.34	2.45	2.56	2.67	2.78	2.89	3.00	3.12	3.23
	15%	2.09	2.20	2.31	2.42	2.53	2.64	2.75	2.86	2.97	3.08	3.19
	16%	2.07	2.17	2.28	2.39	2.50	2.61	2.72	2.83	2.93	3.04	3.15
	17%	2.04	2.15	2.26	2.36	2.47	2.58	2.69	2.79	2.90	3.01	3.11
	18%	2.02	2.12	2.23	2.33	2.44	2.55	2.65	2.76	2.86	2.97	3.08
	19%	1.99	2.10	2.20	2.31	2.41	2.52	2.62	2.73	2.83	2.93	3.04
20%	1.97	2.07	2.17	2.28	2.38	2.48	2.59	2.69	2.80	2.90	3.00	

Leyes	750	775	800	825	850	875	900	925	950	975	1000
0%	3.88	4.01	4.14	4.27	4.40	4.53	4.66	4.79	4.92	5.05	5.18
1%	3.84	3.99	4.10	4.23	4.33	4.48	4.61	4.74	4.87	5.00	5.12
2%	3.80	3.97	4.06	4.18	4.31	4.44	4.57	4.69	4.82	4.95	5.07
3%	3.77	3.89	4.02	4.14	4.27	4.39	4.52	4.64	4.77	4.90	5.02
4%	3.73	3.85	3.98	4.10	4.22	4.35	4.47	4.60	4.72	4.84	4.97
5%	3.69	3.81	3.93	4.06	4.18	4.30	4.43	4.55	4.67	4.79	4.92
6%	3.65	3.77	3.89	4.01	4.14	4.26	4.38	4.50	4.62	4.74	4.87
7%	3.61	3.73	3.85	3.97	4.09	4.21	4.33	4.45	4.57	4.69	4.81
8%	3.57	3.69	3.81	3.93	4.05	4.17	4.29	4.40	4.52	4.64	4.76
9%	3.53	3.65	3.77	3.89	4.00	4.12	4.24	4.36	4.47	4.59	4.71
10%	3.49	3.61	3.73	3.84	3.96	4.08	4.19	4.31	4.43	4.54	4.65
11%	3.45	3.57	3.69	3.80	3.92	4.03	4.15	4.26	4.38	4.49	4.61
12%	3.42	3.53	3.64	3.76	3.87	3.99	4.10	4.21	4.33	4.44	4.55
13%	3.38	3.49	3.60	3.72	3.83	3.94	4.05	4.17	4.28	4.39	4.50
14%	3.34	3.45	3.56	3.67	3.78	3.89	4.01	4.11	4.23	4.34	4.45
15%	3.30	3.41	3.52	3.63	3.74	3.85	3.95	4.07	4.18	4.29	4.40
16%	3.26	3.37	3.48	3.59	3.70	3.80	3.91	4.02	4.13	4.24	4.35
17%	3.22	3.33	3.44	3.54	3.65	3.76	3.87	3.97	4.08	4.19	4.30
18%	3.18	3.29	3.40	3.50	3.61	3.71	3.82	3.93	4.03	4.14	4.24
19%	3.14	3.25	3.35	3.46	3.56	3.66	3.77	3.88	3.98	4.09	4.19
20%	3.11	3.21	3.31	3.42	3.52	3.62	3.73	3.83	3.93	4.04	4.14

**Modo de usar el cuadro:** Se busca al margen el porcentaje de merma probable y se sigue la línea horizontal hasta encontrar la cifra que queda en la misma columna de la ley que se le supone al oro. Dicha cifra representa el valor del castellano en dólares a la par. Ejemplo: 4% de merma y 850 de ley en oro dan U. S. \$ 4.22, valor del castellano; este valor multiplicado por la prima da el precio en moneda colombiana.

## CUADRO PARA REDUCIR FRACCIONES DE CASTELLANO A DECIMALES

Reales	Granos	T O M I N E S							
		0	1	2	3	4	5	6	7
	0	0.0000	0.1250	0.2500	0.3750	0.5000	0.6250	0.7500	0.8750
	1	0.0104	0.1354	0.2604	0.3854	0.5104	0.6354	0.7604	0.8854
	2	0.0208	0.1458	0.2708	0.3958	0.5208	0.6458	0.7708	0.8958
	3	0.0312	0.1562	0.2812	0.4062	0.5312	0.6562	0.7812	0.9062
	4	0.0417	0.1667	0.2917	0.4167	0.5417	0.6667	0.7917	0.9167
	5	0.0521	0.1771	0.3021	0.4271	0.5521	0.6771	0.8021	0.9271
1	0	0.0625	0.1875	0.3125	0.4375	0.5625	0.6875	0.8125	0.9375
1	1	0.0729	0.1979	0.3229	0.4479	0.5729	0.6979	0.8226	0.9479
1	2	0.0833	0.2083	0.3333	0.4583	0.5833	0.7083	0.8333	0.9583
1	3	0.0937	0.2187	0.3437	0.4687	0.5937	0.7187	0.8437	0.9687
1	4	0.1042	0.2292	0.3542	0.4792	0.6042	0.7292	0.8542	0.9792
1	5	0.1146	0.2396	0.3646	0.4896	0.6146	0.7396	0.8646	0.9896
2	0	0.1250	0.2500	0.3750	0.5000	0.6250	0.7500	0.8750	1.0000

**Manera de usar el cuadro:** Se desea saber, por ejemplo, a qué fracción de castellano equivalen 3 tomines, 1 real, 4 granos. Se busca el número 3 en el lugar donde dice tomines; luego en la columna de reales se busca el número 1 y después el número 4 en la columna de granos; en el lugar donde se juntan la horizontal y la vertical, partiendo de las cifras anteriores, se encuentra la fracción de castellano que representa el número que se busca. Para el ejemplo anterior = 0.4792 castellanos. Otros ejemplos: 4 tomines, 1 real, 3 granos = 0.5937 castellanos. 9 castellanos, 5 tomines, 1 real, 5 granos = 9.7396 castellanos.

## REDUCCION DE KILATES A LEYES

Quilates	Leyes correspondientes	Quilates	Leyes correspondientes
1	42	13	542
2	83	14	583
3	125	15	625
4	166	16	666
5	208	17	708
6	250	18	750
7	292	19	791
8	333	20	833
9	375	21	874
10	417	22	916
11	458	23	958
12	500	24	1000

## Fórmulas. Equivalencias. Referencias.

$$\sqrt{2} = 1,4142, \sqrt{3} = 1,732, \sqrt{5} = 2,2361, \sqrt{10} = 3,1623.$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}} = \sqrt{\frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,7071.$$

$$\frac{1}{\sqrt{3}} = 0,5773, \frac{1}{\sqrt{5}} = 0,4472, \frac{1}{\sqrt{10}} = 0,3162, \sqrt[3]{2} = 1,2598.$$

$$\sqrt[3]{3} = 1,4423, \sqrt[3]{2} = 0,7937.$$

$$\frac{1}{\sqrt[3]{3}} = 0,6933, \pi = 3,1416, \frac{4}{3}\pi = 4,1888, \sqrt{\pi} = 1,7724, \sqrt[3]{\pi} = 1,4646.$$

Longitud de la circunferencia =  $2\pi r$ . (Radio  $\times 2 \times 3,1416$ ).

Longitud del diámetro =  $\frac{c}{\pi}$ . (Circunferencia  $\div 3,1416$ ).

Lado del cuadrado inscrito =  $r\sqrt{2}$ . (Radio  $\times \sqrt{2}$ ).

Diagonal del cuadrado =  $l\sqrt{2}$ . (Lado  $\times \sqrt{2}$ ).

Área del triángulo =  $\frac{1}{2}ba$ . (Base  $\times \frac{1}{2}$  altura).

" " rectángulo =  $ba$ . (Base  $\times$  altura).

" " paralelogramo =  $ba$ . (Base  $\times$  altura).

" " cuadrado =  $l^2$ . (Lado  $\times$  por sí mismo).

" " trapecio =  $a\left(\frac{b+b'}{2}\right)$ . (Altura  $\times$  por semisuma de las bases).

" " polígono regular =  $\frac{1}{2}pa$ . ( $\frac{1}{2}$  perímetro  $\times$  apotema).

" " círculo =  $\pi r^2$ . ( $3,1416 \times$  cuadrado del radio ó  $\frac{1}{2}$  circunferencia  $\times$  el radio).

" " sector =  $\frac{\pi r^2}{360}n$ . (ó  $\frac{1}{2}$  arco  $\times$  radio).

" de la elipse =  $\pi ab$ . ( $\frac{1}{2}$  eje mayor  $\times \frac{1}{2}$  eje menor  $\times 3,1416$ ).

" lateral del prisma recto = Perímetro de la base  $\times$  altura.

" " " oblicuo = " " "  $\times$  arista lateral.

" " de la pirámide regular = Perímetro de la base  $\times$  arista.

" " del tronco de pirámide regular =  $\frac{1}{2}$  perímetro de la base  $\times$  arista.

" " " cilindro =  $2\pi r a$ . (Circunferencia de la base  $\times$  altura.)

" " " tronco de cilindro = Circunferencia de la base  $\times$  eje.

" " " cono =  $\pi r l$ . ( $\frac{1}{2}$  generatriz  $\times$  circunferencia de la base).

" " " tronco de cono de bases paralelas =  $\pi(r+r')l$ . (Generatriz  $\times \frac{1}{2}$  circunferencias de las bases).

" de la esfera =  $\pi d^2$ . (Circunferencia  $\times$  diámetro).

Volumen del prisma = Sección recta  $\times$  arista.

" " recto =  $B a$ . (Superficie de la base  $\times$  altura).

" de la pirámide =  $\frac{1}{3} B a$ . ( $\frac{1}{3}$  superficie de la base  $\times$  altura).

" del tronco de pirámide de bases paralelas =  $\frac{1}{3} a(B+B'+\sqrt{B B'})$ .

" " cilindro recto =  $\pi r^2 a$ . (Superficie de la base  $\times$  altura).

" " tronco de cilindro = Superficie de la base  $\times$  altura.

" del cono =  $\frac{1}{3} \pi r^2 a$ . ( $\frac{1}{3}$  superficie de la base  $\times$  altura).

" " tronco de cono de bases paralelas =  $\frac{1}{3}$  altura  $(B+B'+\sqrt{B B'})$  (321)

" de la esfera =  $\frac{4}{3} \pi r^3$ . ( $\frac{4}{3}$  área  $\times$  radio).

## CIRCULO

DIAMETRO	{	$\times 3,1416$	= longitud de la circunferencia.	CIRCUNFERENCIA	{	$\times 0,31831$	= diámetro.
		$+ 0,3183$				$+ 3,1416$	= lado de un cuadrado equivalente.
		$\times 0,8662$	= lado del triángulo equilátero inscrito.			$\times 0,2821$	= lado del triángulo equilátero inscrito.
		$+ 1,1284$				$+ 3,5450$	= lado del cuadrado inscrito.
		$\times 0,7071$	= lado del cuadrado inscrito.			$\times 0,2756$	= lado del cuadrado inscrito.
AREA	{	$+ 1,4142$		$+ 4,4428$	= radio.		
		$+ 3,1416$	= cuadrado del radio.	$\times 0,15915$			
		$\times 1,2732$	= cuadrado del diámetro.	$+ 6,28318$			
		$+ 0,7854$					
		$\times 12,5663$	= cuadrado de la circunferencia.				



## ESFERA

Superficie =	{	Circunferencia $\times$ diámetro.	Diámetro =	{	$\sqrt{\text{de superficie}} \times 0,5642.$				
		Radio <sup>3</sup> $\times$ 12,5664.			Circunferencia =	{	$\sqrt[3]{\text{de volumen}} \times 1,2407.$		
		Diámetro <sup>2</sup> $\times$ 3,1416.					Radio =	{	$\sqrt{\text{de superficie}} \times 1,77255.$
		Circunferencia <sup>2</sup> $\times$ 0,3183.							Altura de un cubo inscrito =
Volumen =	{	Superficie $\times$ $\frac{1}{6}$ diámetro.	Radio =	{			$\sqrt{\text{de superficie}} \times 0,2821.$		
		Radio <sup>3</sup> $\times$ 4,1888.			Altura de un cubo inscrito =	{	$\sqrt[3]{\text{de volumen}} \times 0,6204.$		
		Diámetro <sup>3</sup> $\times$ 0,5236.					Radio $\times$ 1,1547.		
		Circunferencia <sup>3</sup> $\times$ 0,0169.						Diámetro $\times$ 0,5774.	

DESCARGA TEORICA DE BOQUILLAS EN U. S. GALONES POR MINUTO

Caída		Velocidad de la descarga en pies por seg.	Diámetro de la boquilla en pulgadas									
Lbs.	Pies.		1/16	1/8	3/16	1/4	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1
10	23.1	38.6	0.37	1.48	3.32	5.91	13.3	23.6	36.9	53.1	72.4	94.5
15	34.6	47.3	0.45	1.81	4.06	7.25	16.3	28.9	45.2	65.0	88.5	116.0
20	46.2	54.6	0.52	2.09	4.69	8.35	18.8	33.4	52.2	75.1	102.0	134.0
25	57.7	61.0	0.58	2.34	5.25	9.34	21.0	37.3	58.3	84.0	114.0	149.0
30	69.3	66.9	0.64	2.56	5.75	10.20	23.0	40.9	63.9	92.0	125.0	164.0
35	80.8	72.2	0.69	2.77	6.21	11.10	24.8	44.2	69.0	99.5	135.0	177.0
40	92.4	77.2	0.74	2.96	6.64	11.80	26.6	47.3	73.8	106.0	145.0	189.0
45	103.9	81.8	0.78	3.13	7.03	12.50	28.2	50.1	78.2	113.0	153.0	200.0
50	115.5	86.3	0.83	3.30	7.41	13.20	29.7	52.8	82.5	119.0	162.0	211.0
55	127.0	90.4	0.87	3.46	7.77	13.80	31.1	55.3	86.4	125.0	169.0	221.0
60	138.6	94.5	0.90	3.62	8.12	14.50	32.5	57.8	90.4	130.0	177.0	231.0
65	150.1	98.3	0.94	3.77	8.45	15.10	33.8	60.2	94.0	136.0	184.0	241.0
70	161.7	102.1	0.98	3.91	8.78	15.70	35.2	62.5	97.7	141.0	191.0	250.0
75	173.2	105.7	1.01	4.05	9.08	16.20	36.4	64.7	101.0	146.0	198.0	259.0
80	184.8	109.1	1.05	4.18	9.39	16.70	37.6	66.8	104.0	150.0	205.0	267.0
85	196.3	112.5	1.08	4.31	9.67	17.30	38.8	68.9	108.0	155.0	211.0	276.0
90	207.9	115.8	1.11	4.43	9.95	17.70	39.9	70.8	111.0	160.0	217.0	284.0
95	219.4	119.0	1.14	4.56	10.20	18.20	41.0	72.8	114.6	164.0	223.0	292.0
100	230.9	122.0	1.17	4.67	10.50	18.70	42.1	74.7	117.0	168.0	229.0	299.0
125	288.6	236.4	1.31	5.22	11.70	20.90	47.0	83.5	130.0	188.0	256.0	334.0
150	346.4	149.5	1.43	5.72	12.90	22.90	51.5	91.5	143.0	206.0	280.0	366.0
200	461.9	172.6	1.65	6.61	14.80	26.40	59.5	106.0	165.0	238.0	323.0	423.0
250	577.4	193.0	1.85	7.39	16.60	29.60	66.5	118.0	185.0	266.0	362.0	473.0
300	692.8	211.2	2.02	8.08	18.20	32.40	72.8	129.0	202.0	291.0	396.0	517.0

**CALCULO DE AGUAS EN LAS EXPLOTACIONES HIDRAULICAS Y VOLUMEN  
DE MINERAL MOVIDO**

**Explotación Nro. 1.**—Un elevador Nro. 1 ó de 18".—Boquilla de 2½".—Monitor Nro. 1 con boquilla de 2".—Capacidad de extracción por mes = 8.400 yardas cúbicas.

Tipo elevador en pies	Caída media necesaria. Pies	Agua. Litros por seg. Elev. y Monit.	Agua. Litros por seg. Monitor de cola
20	110	120	45
25	140	140	55
30	165	155	60
35	195	165	65
40	220	175	69
45	250	190	74
50	275	200	78
55	300	205	82
60	330	215	86

**Explotación Nro. 2.**—Un elevador Nro. 2 ó de 12".—Boquilla de 3".—Monitor con boquilla de 2½".—Capacidad de extracción por mes 15.000 yardas cúbicas.

Tipo elevador en pies	Caída media necesaria. Pies	Agua. Litros por seg. Elev. y Monit.	Agua. Litros por seg. Monitor de cola
20	110	185	75
25	140	207	85
30	165	228	95
35	195	240	100
40	220	260	106
45	250	278	114
50	275	291	119
55	300	305	125
60	330	317	130

**Explotación Nro. 3.**—Un elevador Nro. 3 ó de 16".—Boquilla de 4".—Monitor con boquilla de 3½".—Capacidad de extracción por mes = 24.000 yardas cúbicas.

Tipo elevador en pies	Caída media necesaria. Pies	Agua. Litros por seg. Elev. y Monit.	Agua. Litros por seg. Monitor de cola
148	356	110	20
167	385	140	25
180	408	165	30
197	450	195	35
209	482	220	40
223	515	250	45
233	540	275	50
244	564	300	55
256	592	330	60

## FORMULA PARA EL CALCULO DE CATEOS CON TALADRO

$$T = \frac{34.83 \times m}{P}$$

T = tenor de oro en centavos de dólar por yarda cúbica.  
 m = miligramos de oro puro obtenidos en el hoyo.  
 P = profundidad en pies.

$$T = \frac{O \times N}{d}$$

T = tenor de oro en centavos de dólar por yarda cúbica.  
 O = valor del oro en centavos obtenido en el hoyo.  
 N = pies de tubería necesarios para que el material contenido en ellos forme una yarda cúbica.  
 d = profundidad del hoyo en pies.

$$T = \frac{C \times 376}{d}$$

$$T = \frac{C \times 309}{d}$$

## MONITORES HIDRAULICOS (TUBERIAS, BOQUILLAS, CAIDA, MATERIAL MOVIDO)

Diámetro de tubería de entrada en pulgadas	Cafda efectiva en pies	Boquilla suministrada. Flujo en pies cúbicos por minuto.		Mineral promedio desintegrado en 24 horas. Yards cúbicas.	
5	100	1-1/8" Boquilla 33	1-3/8" Boquilla 50	1-1/8" Boquilla 50	1-3/8" Boquilla 106
	150	40	60	62	130
	200	47	70	75	150
7	100	2" Boquilla 94	3" Boquilla 180	2" Boquilla 188	3" Boquilla 360
	200	133	260	266	520
	300	163	320	326	640
	400	188	385	376	770
9	100	3" Boquilla 200	4" Boquilla 340	3" Boquilla 400	4" Boquilla 680
	200	235	500	550	1000
	300	340	615	680	1230
	400	400	716	800	1432
11	100	3" Boquilla 222	4" Boquilla 360	3" Boquilla 444	4" Boquilla 720
	200	300	515	600	1030
	300	368	635	736	1270
	400	425	736	850	1472
11	100	4" Boquilla 380	6" Boquilla 800	4" Boquilla 760	6" Boquilla 1600
	200	535	1150	1070	2300
	300	655	1420	1310	2840
	400	756	1650	1512	3300
13	100	5" Boquilla 590	6" Boquilla 810	5" Boquilla 1180	6" Boquilla 1620
	200	835	1160	1670	2320
	300	1000	1430	2000	2860
	400	1180	1660	2360	3320

## DENSIDAD DE ALGUNOS CUERPOS

Peso de un decímetro cúbico en kilogramos

Acetle de olivas .....	0,91	Eter nítrico .....	0,91
Acero cementado .....	7,53	— sulfúrico .....	0,71
— fundido .....	7,88	Fábrica de ladrillo .....	1,80
— pudelado .....	7,65	Feldespató .....	2,57
Acido carbónico .....	0,00198	Flint-glass .....	3,33
— clorhídrico .....	1,19	Fósforo .....	1,77
— nítrico .....	1,53	Fundición gris .....	7,10
— sulfúrico .....	1,86	— blanca .....	7,50
Agua de lluvia .....	1,00	Galena .....	7,50
Aguardiente a 22° .....	0,92	Gneis .....	2,89
Aire .....	0,001293	Glicerina .....	1,27
Alcohol absoluto .....	0,79	Goma arábica .....	1,45
Aluminio .....	2,56	Grafito .....	2,00
Antimonio fundido .....	6,71	Granito .....	2,60
Antracita .....	1,50	Gutapercha .....	0,98
Arcilla .....	2,22	Hidrógeno .....	0,00089
Arena arcillosa .....	1,73	Hielo .....	0,92
— húmeda .....	1,90	Hierro en alambre .....	7,63
— seca .....	1,42	— forjado .....	7,70
Arenisca .....	2,50	— magnético .....	5,10
Arsénico .....	5,73	— puro .....	7,79
Azúcar .....	1,61	Huesos .....	1,65
Azufre nativo .....	2,05	Hulla compacta .....	1,33
Barro y fango .....	1,60	Iodo .....	4,95
Basalto .....	2,95	Ladrillo ordinario .....	1,50
Bismuto .....	9,82	Latón colado .....	8,10
Bórax .....	1,72	— laminado .....	8,40
Boro .....	2,68	Leche .....	1,02
Bromo .....	2,96	Litargirio .....	7,90
Bronce .....	8,50	<b>Maderas:</b>	
— de aluminio .....	7,79	Algarrobbillo .....	1,03
— fosforoso .....	8,80	— rojo .....	1,26
Cadmio .....	8,55	Bálsamo copcy .....	0,80
Cal recién sacada del horno .....	0,83	Caníme .....	0,77
— apagada, en pasta .....	1,40	Cedro .....	0,50
— hidráulica, en polvo .....	0,65	Cedro caobo .....	0,57
Caucho .....	0,93	Comino .....	0,69
Carbón vegetal, en trozos .....	0,20	Granadillo .....	1,18
Cascajo .....	1,75	Guayacán colorado .....	1,09
Cemento romano.....	1,60	— hobo .....	0,79
— Portland .....	1,65	Huesito .....	0,89
Cera .....	0,97	Jananeo .....	0,98
Cerveza .....	0,99	Laurel peña .....	0,43
Cobalto .....	8,51	Eucaliptus .....	0,86
Cobre fundido .....	8,70	Naranja .....	1,01
— en hilo o martillado .....	8,90	Tamarindo .....	0,65
Coke .....	0,33	Zapán .....	0,99
Creta .....	1,24	Magnesio .....	1,73
Cristal .....	3,30	Manganeso .....	8,00
Cromo fundido .....	5,90	Marfil .....	1,82
Cuarzo .....	2,65	Mármol .....	2,70
Diamante .....	3,53	Mercurio .....	13,60
Esencia de trementina .....	0,87	Mica .....	2,79
Esmeralda .....	2,68	Minlo .....	8,60
Estafío batido .....	7,30	Mortero de cal y arena .....	1,75
— sin batir .....	7,29	Níkel .....	9,07
Eter clorhídrico .....	0,87	Oro fundido .....	19,25



Oro forjado .....	19,59	Sal de cocina .....	2,15
Oxígeno .....	0,014	Selenio .....	4,32
Paladio .....	11,40	Sodio .....	0,97
Parafina .....	0,87	Sulfato de cobre .....	2,27
Perlas .....	2,70	— de soda .....	2,24
Petróleo .....	0,88	— de zinc .....	2,03
Piedras para edificar, térm. medio	2,50	Tierra vegetal .....	1,24
Pirita .....	4,98	— arcillosa .....	1,50
Pizarra .....	2,75	— con cantos .....	1,86
Plata fundida .....	10,50	Toba .....	1,45
Platino fundido .....	21,50	Tripoli .....	2,10
— laminado .....	22,06	Vidrio .....	2,64
Plomo .....	11,37	Vinagre .....	1,02
Pólvora .....	0,86	Vino .....	0,99
Porcelana .....	2,43	Zinc fundido .....	7,00
Pórfido .....	2,73	Yeso seco, en polvo .....	1,23
Potasa .....	2,26	— laminado .....	7,20
Potasio .....	0,86		

## COMPARACION ENTRE LAS DIFERENTES ESCALAS TERMOMETRICAS

Fahr.	Reaum.	Cent.	Fahr.	Reaum.	Cent.	Fahr.	Reaum.	Cent.	Fahr.	Reaum.	Cent.
+212	80,0	100,0	+150	52,4	65,6	+ 88	24,9	31,1	+ 26	- 2,7	- 3,3
211	79,6	99,4	149	52,0	65,0	87	24,4	30,6	25	- 3,1	- 3,9
210	79,1	98,9	148	51,6	64,4	86	24,0	30,0	24	- 3,6	- 4,4
209	78,7	98,3	147	51,1	63,9	85	23,6	29,4	23	- 4,0	- 5,0
208	78,2	97,8	146	50,7	63,3	84	23,1	28,9	22	- 4,4	- 5,6
207	77,8	97,2	145	50,2	62,8	83	22,7	28,3	21	- 4,9	- 6,1
206	77,3	96,7	144	49,8	62,2	82	22,2	27,8	20	- 5,3	- 6,7
205	76,9	96,1	143	49,3	61,7	81	21,8	27,2	19	- 5,8	- 7,2
204	76,4	95,6	142	48,9	61,7	80	21,3	26,7	18	- 6,2	- 7,8
203	76,0	95,0	141	48,4	60,6	79	20,9	26,1	17	- 6,7	- 8,3
202	75,6	94,4	140	48,0	60,0	78	20,4	25,6	16	- 7,1	- 8,9
201	75,1	93,9	139	47,6	59,4	77	20,0	25,0	15	- 7,6	- 9,5
200	74,7	93,3	138	47,1	58,9	76	19,6	24,4	14	- 8,0	-10,0
199	74,2	92,8	137	46,7	58,3	75	19,1	23,9	13	- 8,4	-10,6
198	73,8	92,2	136	46,2	57,8	74	18,7	23,3	12	- 8,9	-11,1
197	73,3	91,7	135	45,8	57,2	73	18,2	22,8	11	- 9,3	-11,7
196	72,9	91,1	134	45,3	56,7	72	17,8	22,2	10	- 9,8	-12,2
195	72,4	90,6	133	44,9	56,1	71	17,3	21,7	9	-10,2	-12,8
194	72,0	90,0	132	44,4	55,6	70	16,9	21,1	8	-10,7	-13,3
193	71,6	89,4	131	44,0	55,0	69	16,4	20,6	7	-11,1	-13,9
192	71,1	88,9	130	43,6	54,4	68	16,0	20,0	6	-11,6	-14,4
191	70,7	88,3	129	43,1	53,9	67	15,6	19,4	5	-12,0	-15,0
190	70,2	87,8	128	42,7	53,3	66	15,1	18,9	4	-12,4	-15,6
189	69,8	87,2	127	42,2	52,8	65	14,7	18,3	3	-12,9	-16,1
188	69,3	86,7	126	41,8	52,2	64	14,2	17,8	2	-13,3	-16,7
187	68,9	86,1	125	41,3	51,7	63	13,8	17,2	1	-13,8	-17,2
186	68,4	85,6	124	40,9	51,1	62	13,3	16,7	0	-14,2	-17,8
185	68,0	85,0	123	40,4	50,6	61	12,9	16,1	- 1	-14,7	-18,3
184	67,6	84,4	122	40,0	50,0	60	12,4	15,6	- 2	-15,1	-18,9
183	67,1	83,9	121	39,6	49,4	59	12,0	15,0	- 3	-15,6	-19,4
182	66,7	83,3	120	39,1	48,9	58	11,6	14,4	- 4	-16,0	-20,0
181	66,2	82,8	119	38,7	48,3	57	11,1	13,9	- 5	-16,4	-20,6
180	65,8	82,2	118	38,2	47,8	56	10,7	13,3	- 6	-16,9	-21,1

Fahr.	Reaum.	Cent.	Fahr.	Reaum.	Cent.	Fahr.	Reaum.	Cent.	Fahr.	Reaum.	Cent.
179	65,3	81,7	117	37,8	47,2	55	10,2	12,8	- 7	-17,3	-21,7
178	64,9	81,1	116	37,3	46,7	54	9,8	12,2	- 8	-17,8	-22,2
177	64,4	80,6	115	36,9	46,1	53	9,3	11,7	- 9	-18,2	-22,8
176	64,0	80,0	114	36,4	45,6	52	8,9	11,1	-10	-18,7	-23,3
175	63,6	79,4	113	36,0	45,0	51	8,4	10,6	-11	-19,1	-23,9
174	63,1	78,9	112	35,6	44,4	50	8,0	10,0	-12	-19,6	-24,4
173	62,7	78,3	111	35,1	43,9	49	7,6	9,4	-13	-20,0	-25,0
172	62,2	77,8	110	34,7	43,3	48	7,1	8,9	-14	-20,4	-25,6
171	61,8	77,2	109	34,2	42,8	47	6,7	8,3	-15	-20,9	-26,1
170	61,3	76,7	108	33,8	42,2	46	6,2	7,8	-16	-21,3	-26,7
169	60,9	76,1	107	33,3	41,7	45	5,8	7,2	-17	-21,8	-27,2
168	60,4	75,6	106	32,9	41,1	44	5,3	6,7	-18	-22,2	-27,8
167	60,0	75,0	105	32,4	40,6	43	4,9	6,1	-19	-22,7	-28,3
166	59,6	74,4	104	32,0	40,0	42	4,4	5,6	-20	-23,1	-28,9
165	59,1	73,9	103	31,6	39,4	41	4,0	5,0	-21	-23,6	-29,4
164	58,7	73,3	102	31,1	38,9	40	3,6	4,4	-22	-24,0	-30,0
163	58,2	72,8	101	30,7	38,3	39	3,1	3,9	-23	-24,4	-30,6
162	57,8	72,2	100	30,2	37,8	38	2,7	3,3	-24	-24,9	-31,1
161	57,3	71,7	99	29,8	37,2	37	2,2	2,8	-25	-25,3	-31,7
160	56,9	71,1	98	29,3	36,7	36	1,8	2,2	-26	-25,8	-32,2
169	56,4	70,6	97	28,9	36,1	35	1,3	1,7	-27	-26,2	-32,8
158	56,0	70,0	96	28,4	35,6	34	0,9	1,1	-28	-26,7	-33,3
157	55,6	69,4	95	28,0	35,0	33	0,4	0,6	-29	-27,1	-33,9
156	55,1	68,9	94	27,6	34,4	32	0,0	0,0	30-	-27,6	-34,4
155	54,7	68,3	93	27,1	33,9	31	-0,4	-0,6	-31	-28,0	-35,0
154	54,2	67,8	92	26,7	33,3	30	-0,9	-1,1	-32	-28,4	-35,6
153	53,8	67,2	91	26,2	32,8	29	-1,3	-1,7	-33	-28,9	-36,1
152	53,3	66,7	90	25,8	32,2	28	-1,8	-2,2	-34	-29,3	-36,7
151	52,9	66,1	89	25,3	31,7	27	-2,2	-2,8	-35	-29,8	-37,2

ALEACIONES MAS USUALES

Bronce de monedas .....	{	Cobre .....	95	Latón (cobre amarillo).....	{	Cobre .....	67
		Estaño .....	4			Zinc .....	33
		Zinc .....	1				
Bronce de aluminio .....	{	Cobre .....	90	Metal inglés .....	{	Estaño .....	100
		Aluminio ....	10			Antimonio ..	8
						Cobre .....	4
Bronce de cañones .....	{	Cobre .....	100	Caracteres de imprenta .....	{	Bismuto .....	1
		Estaño .....	11				
Bronce de Campanas .....	{	Cobre .....	80				
		Estaño .....	20	Betal Babbit (blando) .....	{	Estaño .....	50
						Antimonio ..	4
Bronce estatuario .....	{	Cobre .....	90			Cobre .....	1
		Zinc .....	5				
		Estaño .....	2	Metal Babbit (duro) (1) ..	{	Estaño .....	24
		Plomo .....	2			Antimonio ..	8
						Cobre .....	4

(1) Para evitar la volatilización del antimonio y del estaño debe procederse así: fundido el cobre se le agregan cuatro o cinco partes de estaño, se retira el crisol del fuego o se reduce éste, hasta que el metal fundido tome el color rojo mate y entonces se agrega el antimonio y el resto del estaño, en pequeños pedazos.

Cojinetes para maquinaria ..	{	Cobre .....	112	Plata alemana .....	{	Cobre .....	50
		Estaño .....	25			Zinc .....	25
		Zinc .....	¼			Níquel .....	25
Cojinetes para soportes pe- sados .....	{	Cobre .....	160	Joyas de plata .....	{	Cobre .....	20
		Estaño .....	25			Plata .....	80
		Zinc .....	5				

## MEZCLAS FRIGORIFICAS

Composición de la mezcla Cantidades al peso	Temperatura que se obtiene
Agua, 4 partes; nitrato de soda, 1 parte .....	— 10° C
Agua, 1 parte; nitrato de amoníaco, 1 parte .....	— 15°
Hielo machacado, 3 partes; sal común, 1 parte .....	— 20°
Hielo machacado, 1 parte; ácido sulfúrico diluido, 1 parte .....	— 40°

## FUSION

## Temperatura de fusión de algunos cuerpos

Aceite de colza .....	1° C.	Estearina .....	60°
" " olivas .....	3°	Fósforo .....	44°
Acero .....	1400° - 1600°	Fundición blanca .....	1100°
Acido carbónico .....	— 78°	" " gris .....	1200°
Alcanfor .....	175°	Grasas (sebo, mant.) .....	32° - 40°
Alcohol puro .....	—100°	Hielo .....	0°
Aluminio .....	600° - 700°	Hierro .....	1500° - 1600°
Antimonio .....	450°	Iridio .....	1950°
Azúcar de caña .....	160°	Latón .....	1020°
Azufre .....	107°	Mercurio .....	— 40°
Bencina .....	7°	Níquel .....	1500°
Bismuto .....	265°	Oro .....	1100° - 1250°
Bronce .....	950°	Parafina .....	46°
Caucho .....	120°	Plata .....	1000°
Cera .....	65°	Platino .....	2000°
Cobre .....	1000° - 1100°	Plomo .....	330°
Estaño .....	230°	Zinc .....	412°

## SOLDADURAS

## Soldadura de estaño, de hojalatero o de plomero

- I — Soldadura blanda: Estaño, 2 partes; plomo, 1 parte.  
 II — Soldadura dura: Estaño, 1 parte; plomo, 1 parte.

## Soldadura de oro

- I — Al cuarto: Oro, 3 partes; liga, 1 parte. (La liga se compone de 2 partes de plata y 1 de cobre).  
 II — Al tercio: Oro, dos partes; liga, 1 parte.  
 III — Al dos: Oro, 1 parte; liga, 1 parte.

## Soldadura de plata

- I— Al sexto: Plata, 5 partes; latón, 1 parte.  
 II— Al cuarto: Plata, 3 partes; latón, 1 parte.  
 III— Al tercio: Plata, 2 partes; latón, 1 parte.

## Fundentes para caldear acero

Arena blanca cuarzosa, 25 partes. Cal cernida, 2 partes. Bórax, 1 parte.

## ESTIMACION DE LA FUERZA HIDRAULICA DE ANTIOQUIA

— Estudio del Dr. Julián Cock A. —

Hoyas de los ríos Porce y Nechí .....	—	2.200.000	H. P.
Hoya del río Cauca .....	—	3.600.000	H. P.
Hoyas de los ríos Nare y Nus .....	—	1.800.000	H. P.
Otras aguas y vertientes al Magdalena .....	—	2.000.000	H. P.
Variantes al Atrato y al Mar .....	—	2.900.000	H. P.
Total .....	—	12.500.000	H. P.

El cálculo de las cifras anteriores de caballos de fuerza hidráulica es la capacidad máxima económicamente desarrollable y como producción continua de fuerza durante todo el año.

Su costo de desarrollo puede clasificarse así:

- 3 millones de H. P. cuyo costo varía entre \$ 100. y \$ 150. por H. P.  
 4 millones de H. P. cuyo costo varía entre \$ 150. y \$ 300. por H. P.  
 5½ millones de H. P. cuyo costo varía entre \$ 300. y \$ 500. por H. P.

Los cuadros sobre mezclas, fórmulas geométricas, fusión, soldaduras, densidades, grados y aleaciones, fueron tomados del libro "Memorándum de Bolsillo" de Dn. Antonio J. Duque.

Los cuadros sobre electricidad, minerales, descarga de boquillas y funciones trigonométricas, fueron tomados del libro "Denver Equipment Index".

El dato sobre monitores hidráulicos pertenece a "Tailor Forge & Pipe Works", publicado en "Cameron Hydraulic Data".

## UNIDADES USADAS EN CALCULOS ELECTRICOS

K. W. = 1000 watios = 1.34 H. P.  
H. P. = 746 watios = 0.746 K. W.

$$K. V. A. = \frac{K. W.}{P. F.}$$

$$P. F. = \frac{\text{Potencia verdadera}}{\text{Potencia aparente}} = \frac{\text{Wattios}}{\text{Voltios} \times \text{amperios}}$$

$$= \frac{K. W.}{K. V. A.}$$

$$K. W. = \frac{E \times I}{1000} \quad (\text{Corriente directa})$$

$$K. W. = \frac{1.73 \times E \times I \times P. F.}{1000} \quad (\text{Corriente alt. trif.})$$

$$K. W. = \frac{2 \times E \times I \times P. F.}{1000} \quad (\text{Corriente alt. bif.})$$

$$K. W. = \frac{E \times I \times P. F.}{1000} \quad (\text{Corriente alt. monofásica})$$

$$\text{Ley de Ohms: } I = \frac{E}{R}, E = IR, R = \frac{E}{I}$$

Amperios por motor (Energía recibida por línea en un motor).

$$\text{Corriente directa } I = \frac{H. P. \times 746}{E \times \text{Eff}}$$

$$\text{Trifásica A. C. } I = \frac{H. P. \times 746}{1.73 \times E \times \text{Eff.} \times P. F.}$$

$$\text{Bifásica A. C. } I = \frac{H. P. \times 746}{2 \times E \times \text{Eff.} \times P. F.}$$

$$\text{Monofásica A. C. } I = \frac{H. P. \times 746}{E \times \text{Eff.} \times P. F.}$$

## Abreviaciones usadas en la electricidad:

A. C.	—	Corriente alterna
D. C.	—	Corriente directa
E.	—	Fuerza electromotiva en voltios
Eff.	—	Eficiencia
H. P.	—	Caballos de fuerza. Horse Power
I.	—	Corriente en amperios
K. V. A.	—	Kilo-voltios amperios
K. W.	—	Kilowattios
P.	—	Potencia
P. F.	—	Factor de potencia
R.	—	Resistencia en ohmios.

## CICLO.

Es el período de una alternación completa en un circuito de corriente alterna, comprendiendo una alternación positiva y negativa.

## FRECUENCIA.

Es el tiempo requerido por la corriente alterna para pasar a través de un ciclo completo.

## FASE.

Es la fracción de un ciclo que ha transcurrido mientras el último electrón dado ha pasado a través de su posición media en una dirección positiva.

## FACTOR DE POTENCIA.

El factor de potencia es la relación entre la potencia verdadera y la potencia aparente en un sistema de corriente alterna. Los vatios aparentes son iguales al producto de los voltios por los amperios, pero debido a un posible desplazamiento de fases, la potencia consumida y registrada como tal en el Vatímetro, puede ser menos que la potencia aparente. El factor de potencia puede expresarse como un porcentaje, pero generalmente se designa en fracciones decimales.

## FASE SIMPLE (Monofase).

Es el término que se aplica a un circuito de corriente alterna energizado por una sola "Fuerza Electro Magnética". Tal circuito se suministra generalmente con dos alambres.

## POLIFASICO.

Término general aplicado a un sistema de corriente alterna con más de una fase. (Véase el significado de Bifásico y Trifásico).

## BIFASICO.

Esta palabra es aplicada a un sistema de corriente alterna que comprende dos circuitos eléctricos energizados por fuerzas electro magnéticas las cuales difieren en su fase por un cuarto de un ciclo.

## TRIFASICO.

Este término es aplicado a un sistema de corriente alterna que comprende tres circuitos eléctricos, energizados por fuerzas electro magnéticas las cuales difieren en su fase por una tercera parte de un ciclo.

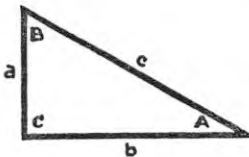


FUNCIONES TRIGONOMETRICAS

Todo triángulo tiene seis partes: tres ángulos y tres lados. Cuando tres cualesquiera de estas partes se conocen, pueden calcularse las otras tres, siempre que una de ellas sea un lado.

La suma de los tres ángulos de un triángulo es igual a 180 grados. El complemento de un ángulo, o arco, es el resto o residuo que queda después de restar el ángulo, o arco, de 90 grados. En tesis general, si algún arco es representado por "A", este complemento viene a ser: 90°-A. Por tanto el complemento de un arco que exceda de 90 grados es negativo.

En todo triángulo rectángulo que tenga los mismos ángulos agudos, los lados tienen la misma relación entre sí. Estas relaciones han reci-



do nombres especiales, así: si A es uno de los ángulos agudos, a es el lado opuesto b el lado adyacente y c la hipotenusa.

El seno del ángulo A es el cociente del lado opuesto dividido por la hipotenusa. Seno A = a/c.

El secante del ángulo A es el cociente de la hipotenusa dividida por el lado adyacente. A = c/b.

La tangente del ángulo A es el cociente del lado opuesto dividido por el lado adyacente. Tangente = a/b.

El coseno, la cotangente y la cosecante de un ángulo son respectivamente el seno, la tangente y la secante del complemento de ese ángulo. Los términos seno, coseno, etc., son llamados funciones trigonométricas.

Con la ayuda de las siguientes fórmulas, y las tablas, pueden encontrarse las funciones de cualquier ángulo.

$$\text{Sen}^2 A + \text{Cos}^2 A = 1$$

$$\text{Sen } A = \sqrt{1 - \text{Cos}^2 A}$$

$$\text{Cos } A = \sqrt{1 - \text{Sen}^2 A}$$

$$\text{Tan } A = \frac{\text{Sen } A}{\text{Cos } A} = \frac{1}{\text{Cot } A}$$

$$\text{Cot } A = \frac{\text{Cos } A}{\text{Sen } A} = \frac{1}{\text{Tan } A}$$

$$\text{Sec } A = \frac{1}{\text{Cos } A}$$

$$\text{Cosec } A = \frac{1}{\text{Sen } A}$$

Grados	Senos naturales				Cosenos naturales				Tangentes naturales				Cotangentes				Grados
	0'	20'	40'	60'	0'	20'	40'	60'	0'	20'	40'	60'	0'	20'	40'	60'	
0	0.0000	0.0058	0.0116	0.0175	1.0000	0.9999	0.9999	0.9998	0.0000	0.0058	0.0116	0.0175	∞	171.88540	85.93979	57.28996	89
1	0.0175	0.0233	0.0291	0.0349	0.9998	0.9997	0.9996	0.9994	0.0175	0.0233	0.0291	0.0349	57.28996	42.96408	34.36777	28.63625	88
2	0.0349	0.0407	0.0465	0.0523	0.9994	0.9992	0.9989	0.9986	0.0349	0.0407	0.0466	0.0524	28.63625	24.54176	21.47040	19.08114	87
3	0.0523	0.0581	0.0640	0.0698	0.9986	0.9983	0.9980	0.9976	0.0524	0.0582	0.0641	0.0699	19.08114	17.16934	15.60478	14.30067	86
4	0.0698	0.0756	0.0814	0.0872	0.9976	0.9971	0.9967	0.9962	0.0699	0.0758	0.0816	0.0875	14.30067	13.19688	12.25051	11.43005	85
5	0.0872	0.0930	0.0987	0.1045	0.9962	0.9957	0.9951	0.9945	0.0875	0.0934	0.0992	0.1051	11.43005	10.71191	10.07803	9.51436	84
6	0.1045	0.1103	0.1161	0.1219	0.9945	0.9939	0.9932	0.9925	0.1051	0.1110	0.1169	0.1228	9.51436	9.00983	8.55555	8.14435	83
7	0.1219	0.1276	0.1334	0.1392	0.9925	0.9918	0.9911	0.9903	0.1228	0.1287	0.1346	0.1405	8.14435	7.77035	7.42871	7.11537	82
8	0.1392	0.1449	0.1507	0.1564	0.9903	0.9894	0.9886	0.9877	0.1405	0.1465	0.1524	0.1584	7.11537	6.82694	6.56055	6.31375	81
9	0.1564	0.1622	0.1679	0.1736	0.9877	0.9868	0.9858	0.9848	0.1584	0.1644	0.1703	0.1763	6.31375	6.08444	5.87080	5.67128	80
10	0.1736	0.1794	0.1851	0.1908	0.9848	0.9838	0.9827	0.9816	0.1763	0.1823	0.1884	0.1944	5.67128	5.48451	5.30928	5.14455	79
11	0.1908	0.1965	0.2022	0.2079	0.9816	0.9805	0.9793	0.9781	0.1944	0.2004	0.2065	0.2126	5.14455	4.98940	4.84300	4.70463	78
12	0.2079	0.2136	0.2193	0.2250	0.9781	0.9769	0.9757	0.9744	0.2126	0.2186	0.2247	0.2309	4.70463	4.57363	4.44942	4.33148	77
13	0.2250	0.2306	0.2363	0.2419	0.9744	0.9730	0.9717	0.9703	0.2309	0.2370	0.2432	0.2493	4.33148	4.21933	4.11256	4.01078	76
14	0.2419	0.2476	0.2532	0.2588	0.9703	0.9689	0.9674	0.9659	0.2493	0.2555	0.2617	0.2679	4.01078	3.91364	3.82083	3.73205	75
15	0.2588	0.2644	0.2700	0.2756	0.9659	0.9644	0.9628	0.9613	0.2679	0.2742	0.2805	0.2867	3.73205	3.64705	3.56557	3.48741	74
16	0.2756	0.2812	0.2868	0.2924	0.9613	0.9596	0.9580	0.9563	0.2867	0.2931	0.2994	0.3057	3.48741	3.41236	3.34023	3.27085	73
17	0.2924	0.2979	0.3035	0.3090	0.9563	0.9546	0.9528	0.9511	0.3057	0.3121	0.3185	0.3249	3.27085	3.20406	3.13972	3.07768	72
18	0.3090	0.3145	0.3201	0.3256	0.9511	0.9492	0.9474	0.9455	0.3249	0.3314	0.3378	0.3443	3.07768	3.01783	2.96004	2.90421	71
19	0.3256	0.3311	0.3365	0.3420	0.9455	0.9436	0.9417	0.9397	0.3443	0.3508	0.3574	0.3640	2.90421	2.85023	2.79802	2.74748	70
20	0.3420	0.3475	0.3529	0.3584	0.9397	0.9377	0.9357	0.9336	0.3640	0.3706	0.3772	0.3839	2.74748	2.69853	2.65109	2.60509	69
21	0.3584	0.3638	0.3692	0.3746	0.9336	0.9315	0.9293	0.9272	0.3839	0.3906	0.3973	0.4040	2.60509	2.56046	2.51715	2.47509	68
22	0.3746	0.3800	0.3854	0.3907	0.9272	0.9250	0.9228	0.9205	0.4040	0.4108	0.4176	0.4245	2.47509	2.43422	2.39449	2.35585	67
23	0.3907	0.3961	0.4014	0.4067	0.9205	0.9182	0.9159	0.9135	0.4245	0.4314	0.4383	0.4452	2.35585	2.31826	2.28167	2.24604	66
24	0.4067	0.4120	0.4173	0.4226	0.9135	0.9112	0.9088	0.9063	0.4452	0.4522	0.4592	0.4663	2.24604	2.21132	2.17749	2.14451	65
25	0.4226	0.4279	0.4331	0.4384	0.9063	0.9038	0.9013	0.8988	0.4663	0.4734	0.4806	0.4877	2.14451	2.11233	2.08094	2.05030	64
26	0.4384	0.4436	0.4488	0.4540	0.8988	0.8962	0.8936	0.8910	0.4877	0.4950	0.5022	0.5095	2.05030	2.02039	1.99116	1.96261	63
27	0.4540	0.4592	0.4643	0.4695	0.8910	0.8884	0.8857	0.8829	0.5095	0.5169	0.5243	0.5317	1.96261	1.93470	1.90741	1.88073	62
28	0.4695	0.4746	0.4797	0.4848	0.8829	0.8802	0.8774	0.8746	0.5317	0.5392	0.5467	0.5543	1.88073	1.85462	1.82907	1.80405	61
29	0.4848	0.4899	0.4950	0.5000	0.8746	0.8718	0.8689	0.8660	0.5543	0.5619	0.5696	0.5774	1.80405	1.77955	1.75556	1.73205	60
30	0.5000	0.5050	0.5100	0.5150	0.8660	0.8631	0.8601	0.8572	0.5774	0.5851	0.5930	0.6009	1.73205	1.70901	1.68643	1.66428	59
31	0.5150	0.5200	0.5250	0.5299	0.8572	0.8542	0.8511	0.8480	0.6009	0.6088	0.6168	0.6249	1.66428	1.64256	1.62125	1.60033	58
32	0.5299	0.5348	0.5398	0.5446	0.8480	0.8450	0.8418	0.8387	0.6249	0.6330	0.6412	0.6494	1.60033	1.57981	1.55966	1.53987	57
33	0.5446	0.5495	0.5544	0.5592	0.8387	0.8355	0.8323	0.8290	0.6494	0.6577	0.6661	0.6745	1.53987	1.52043	1.50133	1.48256	56
34	0.5592	0.5640	0.5688	0.5736	0.8290	0.8258	0.8225	0.8192	0.6745	0.6830	0.6916	0.7002	1.48256	1.46411	1.44598	1.42815	55
35	0.5736	0.5783	0.5831	0.5878	0.8192	0.8158	0.8124	0.8090	0.7002	0.7089	0.7177	0.7265	1.42815	1.41061	1.39336	1.37638	54
36	0.5878	0.5925	0.5972	0.6018	0.8090	0.8056	0.8121	0.7986	0.7265	0.7355	0.7445	0.7536	1.37638	1.35968	1.34323	1.32704	53
37	0.6018	0.6065	0.6111	0.6157	0.7986	0.7951	0.7916	0.7880	0.7536	0.7627	0.7720	0.7813	1.32704	1.31110	1.29541	1.27994	52
38	0.6157	0.6202	0.6248	0.6293	0.7880	0.7844	0.7808	0.7771	0.7813	0.7907	0.8002	0.8098	1.27994	1.26471	1.24969	1.23490	51
39	0.6293	0.6338	0.6383	0.6428	0.7771	0.7735	0.7698	0.7660	0.8098	0.8195	0.8292	0.8391	1.23490	1.22031	1.20593	1.19175	50
40	0.6428	0.6472	0.6517	0.6561	0.7660	0.7623	0.7585	0.7547	0.8391	0.8491	0.8591	0.8693	1.19175	1.17777	1.16398	1.15037	49
41	0.6561	0.6604	0.6648	0.6691	0.7547	0.7509	0.7470	0.7431	0.8693	0.8796	0.8899	0.9004	1.15037	1.13694	1.12369	1.11061	48
42	0.6691	0.6734	0.6777	0.6820	0.7431	0.7392	0.7353	0.7314	0.9004	0.9110	0.9217	0.9325	1.11061	1.09770	1.08496	1.07237	47
43	0.6820	0.6862	0.6905	0.6947	0.7314	0.7274	0.7234	0.7193	0.9325	0.9435	0.9545	0.9657	1.07237	1.05994	1.04766	1.03553	46
44	0.6947	0.6988	0.7030	0.7071	0.7193	0.7153	0.7112	0.7071	0.9657	0.9770	0.9884	1.0000	1.03553	1.02355	1.01170	1.00000	45

60' 40' 20' 0' 60' 40' 20' 0' 60' 40' 20' 0' 60' 40' 20' 0'

Cosenos naturales Senos naturales Cotangentes naturales Tangentes

La ASOCIACION COLOMBIANA DE MINEROS es una corporación de fomento que tiene por objeto trabajar por la solidaridad e intereses del gremio minero y a tal fin busca apoyar, favorecer y facilitar las actividades de cada uno de sus asociados procurando el incremento y progreso de la industria en general.



La Revista "MINERIA" es el órgano de información y estudio de la ASOCIACION COLOMBIANA DE MINEROS. — Suscríbase.

# Casa de Moneda de Medellín

## Fundada en 1813

**ESTABLECIMIENTO DE FOMENTO MINERO NACIONAL**

**PARA SERVIR LA GRAN INDUSTRIA**

**Y PROTEGER LA PEQUEÑA**

### Seguridad, Rapidez, Exactitud

Recibe para su fundición y ensaye (Decreto Ejecutivo N° 703 de 1933) el oro producido en las distintas secciones del país y efectúa las transferencias provenientes del valor de las barras sin ninguna comisión, por conducto de las Sucursales y Agencias del Banco de la República y de las Aduanas de Buenaventura y Barranquilla.

Las grandes mejoras introducidas en todas las dependencias, especialmente en sus laboratorios, con el fin de servir eficientemente los valiosos intereses del gremio minero y el cuerpo de expertos técnicos con más de 30 años de práctica, que trabajan en colaboración con la Casa, le permiten garantizar que los trabajos de fundición, ensaye y liquidación de metales y análisis de minerales, son de resultados exactos.

Las conexiones aéreas para el transporte de las remesas de oro de las distintas secciones de la República, ofrecen la mayor oportunidad a los productores y comerciantes de metales que deseen realizar sus operaciones con economía, seguridad y rapidez.

**TRANSPORTES LIBRES DE PORTES**

**POR LOS CORREOS NACIONALES**

*Referencias:* Todos los Bancos del país y las grandes compañías mineras nacionales y extranjeras.

**Dirección telegráfica: "MONEDA"**

Apartado de correos N° 286

# Indice

	Página		Página
Prólogo .....	5	Salbanda .....	24
Preámbulo .....	7	Calcáreo o piedra de cal .....	24
		Sulfuro de antimonio o estibina .....	25
		Mica: biotita, muscovita, lepidolita, fla- gopita, etc. ....	25
		Juan blanco, espejuelo y talco .....	25
		Molibdato de plomo .....	26
		Arsenopirita .....	26
		Rocas: ígneas, sedimentarias, metamór- ficas .....	26
		Rocas granulares, porfidíticas y vítreas .....	28
		Maní. Peña boba .....	28
		<b>Fallas</b> .....	29
		Localización de filones perdidos por fallas .....	29
		Diagramas de fallas: normal, inversa ....	30
		Reglas generales para localizar la veta perdida .....	31
		Método gráfico de Zimmermant .....	32
		Diagramas sobre localización de la veta perdida .....	32
		<b>Muestreo de filones y arenas:</b>	
		Filones. Muestra representativa. Varios casos de muestreo .....	34
		Manera de tomar las muestras. Cuarteo.	34
		Cómo deben hacerse las anotaciones en la cartera .....	38
		Sebos o lisos; caballos o churumbelos ....	39
		Mineral "salado" .....	39
		Localización de las brechas en el frente	39
		Promedio de minerales colgados .....	40
		Minas de cajón .....	41
		Minas de manto .....	42
		Cálculo de los promedios .....	43
		Arenas. Manera de tomar la muestra en el depósito .....	44
		Taladros para tomar las muestras de las arenas .....	45
		Cálculo del volumen y peso de las arenas	47
		<b>CAPITULO II</b>	
		<b>Aparatos de trituración:</b>	
		Generalidades .....	48

	Página
<b>Notiones de química:</b>	
La materia. El átomo. Materia compues- ta y materia simple .....	9
División de la materia. Masas. Molécu- las. Átomos .....	10
Fuerza .....	10
Definición de química y física .....	10
Ciencia .....	11
Cuerpos elementales o elementos químicos	11
Peso atómico .....	11
Principales elementos químicos, su sím- bolo, peso atómico y densidad .....	12
Fórmula química de algunos compuestos y ácidos importantes .....	13
Peso molecular .....	13
Compuestos químicos .....	13
Atomicidad y valencia .....	14
Proporciones múltiples .....	15
Metales y metaloides .....	16
Química orgánica e inorgánica .....	16
Análisis y síntesis .....	16
Nomenclatura química .....	16
Nomenclatura de los compuestos binarios	17
Familias químicas .....	18
Radicales .....	19
<b>Elementos de geología y mineralogía:</b>	
Generalidades .....	19
Escala de dureza de Mohs .....	20
Minerales que acompañan al oro .....	20
Pirita de hierro .....	20
Galena. Moles y recortes .....	22
Blenda .....	22
Calcopirita o pirita de cobre .....	23
Gangas .....	23
El cuarzo, guarzo, piedra de chispa, pie- dra de candela, cristal de roca, diente de perro, etc. ....	23
El feldespato .....	24





	Página		Página
<b>Titulación o análisis volumétrico:</b>		Agitadores de hélice tipo Wallace .....	136
Generalidades .....	115	Agitación con aire comprimido .....	137
Indicadores: azul de tornasol, fenolftaleína, metil-orange .....	116	Tanque Pachuca .....	137
Soluciones empíricas o standard y soluciones normales o sistemáticas. Soluciones décimonormales .....	116	Preparación de las soluciones .....	138
Ácido oxálico y carbonato de sodio .....	118	Espesor de la pulpa .....	138
Procedimiento de las titulaciones .....	118	Filtros .....	139
Lista de los reactivos, indicadores o elementos más indispensables que deben mantenerse en el laboratorio de una pequeña planta de cianuración .....	119	<b>Tratamiento de concentrados:</b>	
<b>Alcalinidad protectora:</b>		Generalidades .....	140
Generalidades .....	119	Diversos sistemas de tratamiento .....	141
Cianicidas insolubles .....	120	<b>Tenor en cianuro de las soluciones para el tratamiento</b> .....	141
Reconocimiento cualitativo de la alcalinidad protectora .....	121	<b>Determinación del oro y de la plata en las soluciones de cianuro</b> .....	142
Si no hay zinc en la solución .....	121	<b>Titulación por cianuro de las soluciones de trabajo</b> .....	143
Si hay zinc en la solución .....	122	<b>Precipitación de los valores:</b>	
<b>Cianuro total en las soluciones de trabajo:</b>		Generalidades .....	144
Generalidades .....	122	Reacción básica de la precipitación .....	144
Soluciones "perezosas", viejas o inútiles .....	122	Características de las virutas de zinc ...	145
Formación en las cajas de espuma persistente, precipitación de sustancias gelatinosas, fijación de incrustaciones en las virutas de zinc, deficiencia en la precipitación de los metales nobles, etc. ....	122	Colocación de las virutas en las cajas ...	145
¿Qué se llama cianuro total en una solución? .....	122	Desprendimiento de gases de las cajas ...	146
Soluciones turbias .....	123	Gasto de zinc: por acción química y por pérdida mecánica .....	146
Cómo se quita a las buretas, pipetas, etc. la película que las opaca .....	123	Los "cortos" .....	146
Coloración verde o azul en la solución. Formación de precipitado del mismo color .....	124	Espuma persistente .....	131
		Sistema Merriell - Crowe .....	147
		<b>Lavada de las cajas y preparación del precipitado</b> .....	148
		Cómo se emplean los cedazos o tamices de malla de hierro .....	148
		Utilización del "trommel" .....	149
		Utilización del acetato de plomo .....	150
		Filtración de la pulpa o precipitados ...	151
		La calcinación .....	152
		<b>CAPITULO VII</b>	
		<b>Calcínación de minerales y concentrados</b> .....	154
		Diseño de un horno de tostión .....	156
		<b>Fundición de minerales auroargentíferos</b> .....	157
		<b>Fundición de los precipitados:</b>	
		Generalidades .....	158
		<b>Fundentes:</b>	
		Atínicar .....	159
		Bórax seco .....	159
		Bórax vitrificado .....	159
		Ácido silíceo (cuarzo) .....	159
		Carbonato de soda (soda ash) .....	160
		Bicarbonato de sodio .....	160
		Bióxido de manganeso y óxido férrico (limonita) .....	161
		Litargirio (óxido de plomo) .....	162
		Nitro .....	162
		<b>Preparación de las mezclas para la fundición</b> .....	163
		<b>Tratamiento de escorias</b> .....	166
<b>CAPITULO VI</b>			
<b>Historia de la cianuración</b> .....	125		
<b>Beneficio de arenas y lodos auríferos</b> .....	126		
Percolación .....	126		
Lodos o vites .....	127		
Acarreo de las arenas .....	130		
Generalidad sobre arenas y lodos .....	131		
Doble tratamiento .....	132		
<b>Beneficio de minerales por agitación:</b>			
Generalidades .....	134		
Eliminación total o parcial de los lodos o vites .....	134		
Clasificador "Akins", espesadores Dorr, Spitz .....	135		
Agitador tipo Dorr de paletas .....	136		



	Página		Página
VIII	277	moneda colombiana con mermas de 0 a 20% y leyes entre 200 y 1000 milésimas .....	317
IX	277	Cuadro para reducir fracciones de castellano a decimales .....	319
X	277	Reducción de kilates a leyes .....	319
XI	278	Fórmulas geométricas, equivalencias, referencias. Círculo. Esfera .....	320
XII	279	Descarga teórica de boquillas en U. S. galones por minuto .....	322
XIII	279	Cálculo de aguas en las explotaciones hidráulicas y volumen de material movido. (Tiro del elevador. Caída media. Consumo de agua del elevador y monitores) .....	323
XIV	280	Fórmulas para el cálculo de cateos con taladro .....	324
<b>Minas contratables:</b>			
Generalidades .....		281	Monitores hidráulicos (Tuberías, caída, material movido) .....
I	282	Densidad de algunos cuerpos .....	325
II	286	Comparación entre las diferentes escalas termométricas .....	326
<b>Petróleos:</b>			
De propiedad privada. De propiedad del Estado. Oposiciones. Oleoductos. Refinerías. Sevidumbres, indemnizaciones y aguas. Reversión .....		293	Aleaciones más usuales .....
			327
			328
			328
			328
			329
			330
			331
<b>CAPITULO X</b>			
<b>Cuadros:</b>			
Conversión de medidas .....	302	Estimación de la fuerza hidráulica en Antioquia .....	329
Lista de minerales, su composición y características .....	310	Unidades usadas en cálculos eléctricos. Abreviaciones usadas en la electricidad. Ciclo. Frecuencia. Fase. Factor de potencia. Fase simple. Polifásico. Bifásico. Trifásico .....	330
Pesas unidades para el oro. Libra esterlina y libra colombiana. Moneda americana de oro. Cotizaciones del oro en Nueva York .....	316	Funciones trigonométricas .....	331
Cuadro para calcular el valor del castellano de oro en dólares a la par y en			





Notas sobre minería de venta y  
cianuración/Jesús Escobar Alvarez, Alberto  
Echeverri Villa

338.2 E746n Ej.2

CATALOGADO POR: HELP FILE LTDA

FECHA

PRESTADO A

FECHA  
DEVUELTO

**MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA**



01002663

BIBLIOTECA