

ración se añade carbonato de amoníaco para descomponer los sulfatos.

Después de reverberar se mezcla la mena con :

Flujo negro ó su sustituto.....	10 gms.
Bórax vitrificado.....	3 »
Hematita (peróxido de hierro).....	de 10 á 20 »

El todo se cubre con una mezcla de diez gramos de flujo negro y tres de carbón, poniendo encima de la cual, una capa de sal común. Durante veinte minutos se mantiene en estado de fusión en un crisol ordinario bien engredado, y después se vacía la carga fundida en un molde.

El botón de cobre que resulta se debe refinar fundiéndolo lo más pronto posible en la mufla de copelación, agregándole su propio peso, de bórax y un poco de plomo puro; uno ó dos gramos de este último serán suficientes; mas si la mena contiene plomo, nada se necesita añadir. Cuando el cobre está casi refinado relampaguea algo parecido á la plata, pero no con tanta brillantez, apareciendo de un color verde que le es peculiar. Si el botón es pequeño el ensaye se da por terminado cuando cesa el desprendimiento de los vapores.

En vez de la anterior se puede preparar la carga siguiente para la fundición.

Mena.....	10 gms.
Flujo negro ó su sustituto.....	25 »
Argol	2 »
Bórax vitrificado.....	5 »
Litargirio.....	6 »

Se mezcla perfectamente y se cubre con sal y carbón. En seguida se refina como se ha descrito. La acción en el crisol es reductiva, formándose una aleación de cobre y otros metales, si los hubiere, la cual se debe refinar.

OBSERVACIONES. — Se puede hacer un buen flujo para la refinación con estas sustancias :

Nitro.....	3 partes.
Argol	2 1/2 »
Sal.....	1 »

Se funden juntos estos ingredientes y la masa que se obtiene de esta operación se pulveriza, se tamiza en una tela del número 30, y se sujeta á prueba su acción con una aleación de cobre cuya composición se conoce.

La presencia del hierro impide la pérdida de cobre en la escoria, lo cual casi siempre sucede cuando esta última tiene un color rojizo, debido al sub-óxido de cobre. Si el botón que resulta del crisol fuese muy pequeño es mejor refinarlo al soplete sobre carbón, con un poco de ácido bórico, soplando únicamente sobre la escoria, cuando ya el ensaye ha fundido.

Si se tiene que examinar muchas muestras, es mejor valerse de la vía húmeda, tanto más cuanto que es más exacta, principalmente si el mineral contiene oro y plata, cuyos metales como se ligan al cobre afectarían grandemente el resultado, haciendo aparecer mucho mayor la ley de este metal.

HIERRO. — *Simbolo* = Fe.

FUENTES. — La siguiente es una lista de las principales menas de hierro.

Magnetita ó piedra imán, óxido (Fe_2O_3).....	72,41	de hierro.
Hematita roja ó hierro especular, óxido (Fe_2O_3)..	70,00	»
» parda ó limonita óxido ($2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)..	59,92	»
Siderita ó hierro espático, carbonato (FeCO_3)..	48,22	»
Ilmenita, mena de hierro titanatado (FeTiO_3 + $n\text{Fe}_2\text{O}_3$)	36,82	»
Franklinita (Fe, Zn, Mn)(Fe_2Mn_2) O_4	48,00	»

Cromita (Fe, Cr₂O₄). Hay también sulfuros, tales como las Piritas, la Pirrotina, etc.

ENSAYE — No sólo se requiere en el ensaye del hierro reducir el óxido á hierro metálico, reunir éste en un solo botón y formar una escoria fusible que no retenga ninguna partícula de dicho metal, ni en combinación ni en granalla, sino también usar ciertos flujos que indiquen en los resultados el carácter del mineral, la clase de hierro que daría al ser fundido, etc. El óxido se reduce por medio del carbón, empleando para ello crisoles cubiertos interiormente con una capa de *brasca*, la cual es una composición hecha de cuatro partes de carbón de leña pulverizada y una de melaza (Para preparar esta mezcla, véase la pág. 18). Esta cubierta sirve para proteger al crisol, el cual expuesto á una temperatura tan elevada podría ablandarse.

Al preparar la carga podrán presentarse dos casos: 1º. si la composición de los minerales nos es desconocida, y 2º. si el mineral ha sido previamente analizado. El ensaye da en ambos casos una idea de la naturaleza de la escoria, del hierro que se puede obtener del mineral y de la clase y proporción de los flujos que se deben emplear al fundir en grande escala. En el primer caso se obtiene además, aunque aproximativamente, el tanto por ciento de hierro que contiene el mineral.

1º. Minerales cuya composición se desconoce.

Al ensayar una mena cuya composición se ignora, haremos varios ensayes preliminares, y según los resultados obtenidos en ellos, prepararemos la carga para hacer otros con las modificaciones que indiquen los primeros.

Mezclas para los ensayes preliminares.

	1.	2.	3.	4.
Silice	2,5	1	4,0	2,5 á 0 gms.
Cal.....	2,5	4	1,0	2,5 á 3 »
Mena.....	10,0	10	10,0	10,0 »

El número 1 se emplea para las menas más puras y que tengan poca matriz; el 2 para las menas que contengan sílice; el 3 para las que tengan carbonatos de cal, magnesia, protóxido de manganeso, etc, hematitas calcáreas y hierro espático, y el 4 para aquellas en que haya sílice, alúmina, arcillas ferruginosas, etc.

Lo que se desea averiguar por medio de estos ensayes, es si se va á tratar una base para poner un flujo ácido ó *vice-versa*. De consiguiente la manera de preparar la carga depende de la naturaleza de la ganga ó matriz.

Los minerales que contengan titanio requieren que se añada á la carga cierta cantidad de espato fluor, la que varía entre 0,5 y 10 gramos.

2º Minerales que se han analizado previamente. En lo general se obtiene buenos resultados de una carga que rinda una escoria correspondiente á la grasa de un horno común de soplo, cuya composición es $R_2O_3SiO_3 + 2(3ROSiO_3)$, según Percy.

La fórmula R_2O_3 representa la alúmina, y la RO la cal, la magnesia y otras bases.

La composición aproximativa por ciento es como sigue:

Silice.....	38	} ó aproximativamente	2 1/2 partes.	
R ₂ O ₃ (alúmina).....	15			1 »
RO (cal, magnesia, etc.)....	47			3 »

El método de preparar las cargas se puede demostrar mejor con un ejemplo:

La mena contiene.	Por ciento.	10 gms. de mena contienen.	Escoria que se necesita.	Diferencia que se debe añadir.
Silice	1,65	0,165	2,50	2,335 gms.
Alúmina.....	1,94	0,194	1,00	0,806 »
Cal, magnesia, etc..	4,51	0,451	3,00	2,549 »

La alúmina se añade en la forma de kaolín ó arcilla

refractaria, la cual casi contiene partes iguales de alúmina y sílice. Al agregar la sílice, deberá tenerse en cuenta la que contiene el kaolín.

Algunas veces la mena contiene un ingrediente en mayor cantidad de la que se necesita en la escoria, ó la sílice que lleva el kaolín más la que se encuentre presente en el mineral, puede venir á dar este mismo resultado. En uno ú otro caso se hace una nueva escoria con el exceso, á fin de que existan las mismas proporciones entre la sílice, la alúmina y la cal, esto es : sílice 2 1/2, alúmina 1, cal 3. Podrá verse un ejemplo sobre esto, en la Cuarta Parte, pág. 166.

La carga se mezcla perfectamente y se coloca en un crisol, cuya cavidad cónica se llena con un pedazo de carbón, y toda la tapadera se enloda con un cemento de arcilla refractaria. Éste se prepara mezclando la arcilla con una cuarta parte de arena fina y una poca de agua de bórax.

Se introducen en un hornillo cuatro crisoles afianzados en un ladrillo refractario y se enciende un fuego moderado á su derredor. El combustible se irá agregando poco á poco hasta cubrir totalmente los crisoles; el fuego se mantiene á una temperatura máxima de dos y media á tres y media horas. Los minerales que contengan mucho titanio necesitan cuatro horas para su fusión, mientras los carbonatos que contienen manganeso, funden bien en dos y media horas y aun en menos tiempo. Cuando el combustible se ha consumido enteramente se retiran los ladrillos con los crisoles, los cuales una vez separados se rompen con un martillo; volcándolos bruscamente se desprenderá la cubierta de carbón, la escoria y el botón de hierro; mas si éstos llegan á adherirse entre sí, bastará un ligero golpecito para separarlos.

Antes de esta separación conviene limpiarlos y pesarlos cuidadosamente; la escoria se puede romper en seguida, y

si se desprenden algunas partículas de hierro, se recogen por medio del imán para pesarlas con el botón.

El titanio y el manganeso se combinan con la escoria casi en su totalidad. En los ensayos que se hagan por duplicado no debe haber una diferencia que exceda de 0,3 ó 0,4 de un céntimo. La escoria tendrá que aparecer perfectamente fundida y sin nada de hierro. Un buen botón debe estar bien formado y desprenderse fácilmente de la escoria.

Si el metal es de buena calidad se achatará ligeramente antes de romperse, su color deberá ser blanco pardusco y su grano fino.

Un botón de hierro malo se rompe con facilidad sin cambiar de forma.

Las escorias transparentes de un tinte verdoso indican un exceso de sílice. Una escoria áspera y arenosa ó de estructura cristalina y lustre opaco indica un exceso de bases. Si el producto se encuentra en fragmentos y contiene interceptado al hierro en la forma de polvo pardo, es señal de que no hay la suficiente sílice y alúmina en el flujo predominando la cal y la magnesia.

La magnesia es una de las bases más refractarias que se hallan en las menas de hierro, y cuando existe en cierta cantidad es indispensable añadir sílice y cal.

El manganeso da á la escoria el tinte de amatista, ó verde si lo hay en exceso.

El titanio produce una escoria negra, resinosa, curiosamente arrugada por el lado de afuera y cubierta de películas metálicas de nitro-cianuro de titanio con el color cobrizo que le es característico; algunas veces la escoria es vidriosa y de un tinte azulado.

El cromo da una escoria oscura, resinosa y cubierta con una capa metálica.

El fósforo produce una especie de hierro llamado *hierro*



corto, el cual es duro, quebradizo y de color blanco metálico.

El azufre produce un *hierro corto* rojizo y de una estructura especial.

El manganeso da un botón liso exteriormente y duro, el cual presenta una fractura cristalina.

TITANIO. — El botón es liso exteriormente siendo su fractura de un color gris oscuro, opaca y cristalina, y se adhiere fuertemente á la escoria. Algunas veces el botón se encuentra cubierto de una ligera capa de nitro-cianuro de titanio, el que está caracterizado por su color cobrizo.

CROMO. — El botón es uniforme, bien fundido, de fractura cristalina brillante, y de color blanco de estaño; otras veces aparece blanco y á medio fundir, ó puede también encontrarse en masa esponjosa de color gris claro, según la cantidad de cromo que contenga el hierro.

OBSERVACIONES — Una colección de menas tomadas como tipos dieron los resultados siguientes.

Menas.	Hierro obtenido por análisis.	Hierro obtenido por la vía seca.			
		69,6	71,2	71,3	por ciento.
Magnetita...	68,35 por ciento.	44,6	46,0	48,6	»
Hematita ...	44,30 »	44,3	44,6	45,2	»
Limonita ...	44,20 »				

Otros ensayos de magnetita conteniendo ácido titánico dieron 72,5 y 73 por ciento.

Otra magnetita.....	64,0	64,5	por ciento.
Hematita	39,0	38,5	»
Limonita.....	34,0	34,0	»

Se pueden emplear otras escorias aparte de la que se ha indicado, como la de Bodemann por ejemplo, la cual se compone de 56 por ciento de sílice, 30 de cal y 14 de alúmina: el bórax y el espató fluor dan más fluidez á la escoria.

NÍKEL Y COBALTO. *Simbolos* — Ni y Co.

FUENTES. — Estos dos metales se encuentran generalmente asociados, y por lo tanto su tratamiento se describirá bajo el mismo encabezado.

Las principales menas de níkel son: la níkelina ó kupferníkel (Ni As) y contiene 43 1/2 por ciento de níkel, y la harkisa, sulfuro (Ni S) que contiene 64,4 por ciento del metal.

Las principales menas de cobalto son: la esmaltina, cobalto blanco-estañoso (Co, Fe, Ni) As₂, que contiene de 9 á 33 por ciento de cobalto, y la cobaltina (Co S₂ + Co As₂) y contiene 35,5 por ciento de dicho metal.

Ambos metales se encuentran en otros muchos minerales, principalmente en combinación con el azufre y el arsénico, y asociados con hierro, cobre, plomo, etc.

Tenemos también un producto artificial llamado *speiss* el cual es un arseniuro de cobalto, níkel y hierro que resulta en la fundición de los minerales que contienen los dos primeros metales citados, y en la manufactura del esmalte, recibiendo el nombre de vidrio de cobalto.

ENSAYE. — Por ser difícil efectuar la fundición del níkel y el cobalto, se determinan estos metales en combinación con el arsénico. Se pesan de dos á cinco gramos de la mena según su pureza, se reverberan perfectamente en la mufla, empleándose para esto una vasija de arcilla, y al terminar la operación se mezclan de seis á diez gramos de carbón pulverizado. Cuando la muestra ha dejado de desprender gases, se mezcla íntimamente con uno ó cinco gramos de carbonato de amoníaco y se calienta. Los óxidos que resultan se convierten en arseniuros humedeciéndolos y restregándolos en un mortero con arsénico metálico en propor-

ción de uno á cinco gramos, la mezcla se coloca en un crisol pequeño que pueda resistir el calor de la mufla y se calienta en ella. La temperatura se gradúa al rojo oscuro hasta que cesa el desprendimiento de vapores arsenicales; en seguida se saca el crisol y se le añaden treinta gramos de flujo negro ó de su equivalente, y uno ó dos gramos de bórax vitrificado, todo lo cual se cubre con una capa de sal. El flujo no se debe mezclar sino que se coloca sobre la masa en el crisol, y después se calienta á una temperatura moderada, la que se irá elevando gradualmente hasta que el contenido del crisol se pone en completo estado de fusión. Se debe procurar que el calor sea muy intenso al fin de la operación, evitando al mismo tiempo que esté hirviendo la mezcla y se derrame. Una vez frío el crisol, se rompe y se retira el botón (*a*) de arseniuros de cobalto, níkel, hierro cobre, etc. El resto del procedimiento consiste en escorificar el botón, primero, para eliminar el hierro y luego para separar el níkel y el cobalto. Esto se puede hacer en un pedazo de crisol de arcilla, como de dos pulgadas de largo por una de ancho y ligeramente cóncavo; la mufla de copelar que se emplea para esta operación, deberá estar muy caliente, poniendo además al frente de la puerta un pedazo de carbón hecho ascua. El botón de arseniuros que se ha obtenido en la fundición se coloca en la escorificatoria y se cubre con vidrios de bórax, después se introduce en la mufla y se mantiene en ella con la puerta cerrada hasta que ambos, esto es, el botón y el bórax se fundan completamente; á continuación se abre la puerta para que el aire tenga entrada libre. El arseniuro de hierro se oxida primero combinándose con la escoria, y la superficie del botón aparece brillante, inmediatamente se saca el crisol y se sumerge en agua su fondo hasta que el botón se solidifique, ó si se quiere se saca éste con unas pinzas cuando aun está

fluida la escoria. Si el color de la escoria es ligeramente azulado, es prueba de que el hierro se ha eliminado totalmente; el botón se limpia y se pesa (*b*).

Si con una sola escorificación no se obtiene el botón exento enteramente de hierro, debe repetirse la operación teniendo cuidado de pesarlo cada vez que ésta se termine. En caso de que el botón se ponga brillante inmediatamente, demostrando con esto que contenía muy poco ó nada de hierro, deberá tomarse por base para el cálculo el peso anterior que haya tenido. El botón que resulta constará de arseniuro de níkel, cobalto y cobre ($\text{Ni}_4\text{As}_2, \text{Co}_4\text{As}_2, \text{Cu}_6\text{As}_2$).

Acto continuo se separa el cobalto en la escoria, del mismo modo que se hizo con el hierro. Esta operación debe continuarse hasta que aparece el botón cubierto de una película de color verde manzano, la que se ve mejor enfriando parcialmente el ensaye. Después se pesa el botón (*c*).

Si hay cobre de por medio se añaden de 100 á 500 miligramos de oro (pesado), y en seguida se procede á eliminar el níkel, á cuyo fin se agrega una poca de sal microcósmica conduciendo la operación como se ha dicho, hasta que aparece el botón del color verde azulado que es peculiar á la aleación de oro y cobre. Dicha aleación se pesa (*d*).

Para determinar el peso del cobre se deduce del total del botón el peso del oro empleado: la diferencia corresponde al oro metálico. Para determinar la cantidad de níkel se

multiplica el peso del cobre por $\frac{100}{71,69}$, el resultado equivaldrá al arseniuro de cobre (Cu_6As_2), el cual deducido del peso (*c*) dará el arseniuro de níkel. Éste multiplicado por $\frac{60,73}{100} =$ al níkel. Para determinar el cobalto se resta el

peso (*c*) del (*b*) y la diferencia se multiplica por $\frac{61,54}{100}$.

Los resultados así obtenidos divididos por el peso del mineral que se tomó para el ensaye y multiplicados por 100 darán el tanto por ciento que de cada uno contiene.

OBSERVACIONES. — Los resultados obtenidos por este sistema comparados con los del método de batería han sido satisfactorios.

La composición de los arseniuros es la que sigue :

Cu_6As_2 .	Ni_4As_2 .	Co_4As_2 .
As = 28,31 por ciento.	As = 39,27 por ciento.	As = 38,46 por ciento.
Cu = 71,69 »	Ni = 60,73 »	Co = 61,54 » »

Cuando la mena que se ensaya contiene bismuto y plomo, en cualquier proporción pueden separarse estos metales, añadiendo durante la fusión con flujo negro un gramo de alambre de hierro y de uno á tres gramos de plata pura pesada con toda exactitud. Después de la fusión el plomo y el bismuto, se encontrarán aleados con la plata y se pueden separar de los arseniuros sin gran dificultad. Deduciendo el peso de la plata agregada, se puede determinar el del plomo y el del bismuto.

Cuando la sustancia que se trata contiene poco níquel y cobalto, conviene agregar algún agente colectivo al hacer la fundición : el arseniuro de hierro es el más á propósito para esto, el cual se prepara fundiendo en un crisol limaduras de hierro con arsénico metálico y pulverizando la masa que resulte.

CARBONO. *Símbolo* — C.

FUENTES. — El carbono ocurre en un vasto número de compuestos formando con el hidrógeno, el oxígeno y el ázoe una inmensa serie de sustancias orgánicas ; pero aquí daremos solamente el método para el ensaye de los carbones ;

ponemos, sin embargo, en seguida una lista que creemos será de interés para el ensayador.

Diamante, carbono puro.....	cristalizado.
Grafita, casi pura	95 á 100 por ciento.
Antracita.....	90 á 95 »
Hulla.....	variable.
Turba y lignitas.....	como 60 por ciento.
Carbón vegetal.....	variable.

ENSAYE. — El ensaye de una muestra de carbón, depende del objeto y uso á que se destina el combustible. Generalmente las pruebas á que se sujeta son : La determinación de la humedad, de su densidad, de su poder calorífico, de sus productos volátiles, del cok, de la ceniza, y en algunos casos del azufre y del fósforo.

La humedad, los productos volátiles, el cok y la ceniza se pueden determinar según se verá más adelante. La densidad se averigua usando la fórmula dada en las págs. 153 y 155. Conociendo la constitución elementaria del combustible, su poder calorífico, se puede averiguar determinando la cantidad de oxígeno que se requiere para su combustión

CARGA. — Se mezclan en un crisol un gramo del carbón pulverizado y cincuenta más de litargirio, esta mezcla se cubre con veinte gramos del último, y se calienta gradualmente hasta efectuar la fusión. El tiempo que se requiere será aproximativamente diez minutos. Se enfría el crisol y se rompe, después se rompe el botón de plomo. El carbón puro reducirá treinta y cuatro veces su peso de plomo. El hidrógeno 103,7 veces su propio peso. En vez de litargirio, se puede usar el blanco de plomo en la proporción de setenta gramos para uno de carbón y treinta más para poner de cubierta. Si el carbonato de plomo está puro es mejor que el litargirio.

Para calcular los resultados, se compara con la cantidad de oxígeno consumido al quemar un combustible cuyo poder calorífico se conoce. Una parte de carbón puro puede elevar un grado la temperatura de 8080 partes de agua; en consecuencia el valor del combustible en unidades de calor se puede estimar multiplicándose $\frac{8080}{34}$ por el peso del botón de plomo obtenido en el ensaye. Cuando hay mucho hidrógeno en el combustible el método no es tan exacto. El poder calorífico especial de un combustible, se puede estimar multiplicando el poder absoluto por el peso específico de mismo.

Determinación de la humedad de las sustancias volátiles y combustibles, del carbón fijo (cok) de la ceniza y del azufre.

a. Determinación de la humedad. Se pulveriza el carbón lo más fino que se pueda, y se calienta uno ó dos gramos en un crisol cerrado de platino ó porcelana, durante quince minutos á la temperatura de 212° á 220° F., se enfría y se pesa; esta misma operación se repite hasta que el peso es constante ó que comienza á aumentar nuevamente, la pérdida equivaldrá á la humedad.

b. Determinación de las sustancias volátiles y combustibles. El mismo crisol de la prueba anterior, se calienta con su contenido al rojo claro sobre un quemador de Bunsen ó una lámpara de alcohol durante tres y medio minutos, y por igual tiempo se sujeta á la llama de una lámpara de tiro. Se enfría y se pesa. La pérdida será igual á las sustancias volátiles y combustibles. En esta merma, va incluída la mitad del azufre del sulfuro de hierro, que pueda contener el carbón.

c. Determinación del carbón fijo. Se calienta sobre el quemador, hasta que la ceniza se ponga blanca y no varíe

en peso : la pérdida será igual al carbón y á la otra mitad del azufre perteneciente al sulfuro de hierro.

El azufre se puede determinar por la vía húmeda, (véase la pág. 137). Para la determinación del fósforo el lector debe consultar alguna obra extensa sobre el asunto, por ejemplo la de Análisis Cuantitativo, por Fresenius.

OBSERVACIONES. — Al rendir el informe correspondiente á un análisis de carbón, el azufre se deducirá como se ha mencionado, poniéndolo como artículo por separado en el análisis, para que haya mayor claridad y corrección en la suma. El fósforo, si lo hubiere, permanecerá en la ceniza, pero si se determina también se debe mencionar por separado.

Para determinar con exactitud las sustancias volátiles al tratarse de la elaboración de gas, puede recurrirse á un medio grotesco pero sencillo, el cual consiste en calentar una pequeña cantidad de la muestra en una pipa común de arcilla, cerrando herméticamente el depósito, de manera que los productos volátiles se desprendan por el tubo, en cuya extremidad se puede encender el gas.

Dos análisis de diferentes muestras de hullas, dieron los resultados siguientes.

Humedad.....	3,310	0,965
Sustancias volátiles y combustibles		
+ 1/2 del azufre.....	27,300	30,111
Carbón fijo (cok) + 1/2 del azufre...	61,965	61,033
Ceniza, incluso el fósforo.....	7,425	7,829
Azufre.....	3,863	1,347

27,300 menos $\frac{3,863}{2}$, y 30,111 menos $\frac{1,347}{2}$ dan en am-

bos casos la cantidad exacta de la sustancia volátil contenida en la muestra.

61,965 menos $\frac{3,863}{2}$ y 61,033 menos $\frac{1,347}{2}$ dan la can-

tidad exacta del carbón fijo.