

38 Nov. 48.

28 20210

20210

July 1847

Biblioteca Enciclopédica Popular Ilustrada

Sección 1.ª

ARTES Y OFICIOS

MANUAL
 DE
METALÚRGIA
 POR
 D. LUIS BARINAGA Y CORRADI
 Tomo I

MADRID

DIRECCION Y ADMINISTRACION

Doctor Fontquet, 7

Tip. de Estrada

7226

MANUAL
DE
METALURGIA

POR
D. LUIS BARINAGA Y CORRADI

INGENIERO DE MINAS

Tomo I

METALÚRGIA GENERAL

Gregorio Herrera



7226

MADRID

DIRECCION Y ADMINISTRACION

Doctor Fourquet, 7

Res. p. 10 Lib. 31

Esta obra es propiedad del Editor de la BI-
BLIOTECA ENCICLOPÉDICA POPULAR ILUSTRA-
DA, y será perseguido ante los tribunales el
que la reimprima sin su permiso.

Queda hecho el depósito que marca la ley.

À LA SOCIÉTAD
ECONÓMICA MATRITENSE
DE AMIGOS DEL PAIS

legítima representante

de los intereses morales y materiales del país

DEDICA LA

BIBLIOTECA ENCICLOPÉDICA POPULAR ILUSTRADA

El Sócio

GREGORIO ESTRADA

A LA SOCIEDAD
ECONÓMICA MATRITENSE
DE AMIGOS DEL PAÍS
de los intereses morales y materiales del país

INSTITUTO TECNOLÓGICO POPULAR MEXICANO
MEXICO
MERCADO ESTEREO

AL LECTOR.

Escribir un Manual de Metalúrgia, como escribir un Manual sobre cualquier materia, es una cosa extremadamente difícil. Por poca que sea la competencia de la persona que acometa una empresa de este género, ha de saber forzosamente mucho más de lo que pueda decir en aquella obra; y de aquí resulta la necesidad de una eleccion, cuyas dificultades son muchas, porque no sólo hay que separar aquellas cuestiones que deben presentarse, de aquellas otras que deben omitirse, sino que es tambien preciso ver en cada una de las primeras, cuál es la extension que debe dársela, acomodándola á las necesidades de aquellos para quienes el Manual se escribe, y á las condiciones que éste debe llenar.

Resulta además indispensable hacer un tra-
METALÚRGIA.



bajo de generalizacion, un trabajo sintético, expuesto como tal á grandes errores; porque en estas obras es necesario condensar muchas ideas y exponerlas de un modo tal, que cuando quieran ampliarse los estudios, haya que agregar otras ideas nuevas, pero no rectificar ninguna de las adquiridas en un principio; y en esto no siempre se acierta.

No sé hasta qué punto habré conseguido este objeto en las páginas que siguen. En la inteligencia de que han de servir especialmente para obreros, á quienes den una idea de los principios teóricos á que obedece la práctica de ciertas operaciones, ó para personas que deseen tener unas ligeras nociones de los medios que se emplean para obtener ciertos cuerpos tan importantes hoy, he prescindido en absoluto de los cálculos y de ciertas consideraciones puramente científicas, indicándolas únicamente en aquellos puntos en que no era posible omitirlas. Me he extendido algo más en la descripción de las operaciones, en la de los aparatos, y en la de las menas, que han de estar más á mano del obrero, y cuyas condiciones necesita conocer mejor, para poder estar en el caso de remediar los entorpecimientos que en la práctica se puedan ocurrir; y he tratado mucho más ligeramente la cuestion, importantísima bajo el punto

de vista científico, de los combustibles, porque precisamente esa importancia hace que las cuestiones que con estas primeras materias se relacionan, no se puedan resolver sin conocimientos de física y de química muy extensos; y quedando por consiguiente, al cuidado de los ingenieros ó de las personas que se encuentren al frente de la direccion facultativa de las fábricas.

Ciñéndome á la costumbre universalmente seguida en las obras de Metalúrgia, he dividido el estudio en dos partes. En la primera he comprendido todas aquellas cuestiones generales que han de tener luégo aplicacion á la extraccion de los diversos metales; en la segunda he presentado el tratamiento particular á que se someten los diferentes minerales para obtener de ellos los metales que contienen. En esta segunda parte, que constituye el tomo segundo del *Manual*, aparecen los metales clasificados segun su importancia industrial, y dentro de cada uno se indican sus propiedades, los minerales de que se obtiene, los procedimientos seguidos para su extraccion en diversos países, y por último, las aplicaciones que el metal encuentra en las diferentes industrias, las artes, etcétera, terminando por indicar el precio medio que cada uno de estos productos tiene en España.

No debe, pues, buscarse en este libro nada nuevo, ni estudios completos acerca de ninguna cuestion. Si en él aparecen de un modo ordenado y claro los fundamentos del arte metalúrgico, explicados de tal manera que sirvan para dar una idea teórica, aunque suscita, de las operaciones, habré obtenido por completo el resultado que me proponia.

EL AUTOR.

MANUAL
DE
METALÚRGIA

CAPÍTULO I.

PRELIMINARES.—DEFINICIONES.

Antigüedad é importancia de la Metalurgia.

—En las épocas primitivas de la humanidad no se conocían los metales: las piedras, más ó ménos toscamente labradas, se destinaban á formar las armas y los útiles del trabajo, reducido por entónces á muy pequeñas proporciones; pero si bien esto es cierto—y existen de ello evidentes pruebas—no lo es ménos que desde los tiempos más antiguos que se mencionan en la historia, existían ya objetos construidos con algunos metales, que son precisamente los más comunes y los de más importantes aplicaciones en la época presente.

El oro, la plata, el bronce, el estaño, el plomo, el azogue y el hierro son metales de que se

hace mérito en los libros más antiguos que se conservan; y ha sido preciso que se encuentren pruebas inequívocas de que los hombres no los conocieron desde su aparición en el mundo, para que se dé crédito á la existencia de las llamadas *edades de piedra*, durante las cuales la humanidad vivió, probablemente por espacio de muchos siglos, privada del auxilio de esos poderosos medios de civilización, sin los cuales la industria, en casi todas sus ramas, es casi completamente imposible. Preciso ha sido, sin embargo, admitir esas edades, porque se han encontrado en muchos puntos donde vivieron los hombres en tan remotas épocas, y sobre los cuales los fenómenos geológicos ejercidos durante largos períodos de tiempo, han arrastrado tierras y piedras que han formado despues capas de terreno, una porcion de piedras duras, con señales marcadísimas de haber sido trabajadas, y con formas que no podian haberseles dado con otro objeto sino el de hacerlas servir como armas ofensivas ó como útiles del trabajo; y existen todavía en algunas regiones de ambos continentes pueblos salvajes, es decir, pueblos cuya civilización está muy atrasada relativamente á la nuestra, entre los cuales el uso de las sustancias metálicas apenas es conocido, ó no se conoce en absoluto, lo cual induce á

creer que los pueblos civilizados de ahora han pasado en los primeros períodos de su vida por un estado análogo al que hoy tienen esos que se designan como salvajes.

Si en vez de acudir á estas pruebas de hechos, se considera que los metales se presentan por regla general combinados con otros cuerpos que les quitan su aspecto, y todas, ó casi todas las propiedades que pueden apreciarse en ellos por la simple inspección cuando están solos, se comprenderá que ha debido trascurrir una gran parte de la vida de la humanidad, en que estas sustancias pasáran completamente desapercibidas. La circunstancia de presentarse los metales algunas veces solos en las piedras que los contienen—circunstancia muy frecuente en algunos, aunque rara en otros—y la casualidad acaso, fueron haciendo que los hombres los conocieran, que apreciaran sus propiedades y que fuesen poco á poco empleándolos, hasta llegar al estado en que hoy nos encontramos, en que los metales son indispensables para casi todos los usos de la vida.

Las monedas, las máquinas todas, desde aquellas sencillísimas que se emplean para labrar la tierra, hasta las sumamente complicadas, que tejen las telas con que nos cubrimos y muelen el grano que destinamos á alimentarnos;

los carriles, las locomotoras y los hilos telegráficos que nos ponen en rápida comunicación con las naciones más distantes, los buques con que surcamos el mar, las letras y las máquinas que nos permiten estampar en el papel nuestros pensamientos para difundirlos entre nuestros contemporáneos y para que, pasando á las generaciones futuras, sirvan de base á nuevos adelantos, todo se fabrica hoy casi exclusivamente con metales; y es, por tanto, de sumo interés conocer los medios, en virtud de los cuales pueden estos cuerpos separarse de aquellos otros con que están combinados formando los minerales, y convertirse posteriormente en esos objetos, y en otros muchísimos, tan importantes y tan frecuentes como ellos.

¿*Qué son metales?*—Acostumbrados al conocimiento y al manejo de los metales desde nuestra edad más temprana, todos nos formamos cabal idea de lo que es un metal, y, sin embargo, es muy difícil definirlo, haciendo uso únicamente de aquellas propiedades que pueden apreciarse por nuestros sentidos corporales y sin el intermedio de ningún aparato. Puede decirse, sin embargo, que son metales aquellos cuerpos que, además de un lustre particular que no puede definirse, y que se llama *brillo metálico* por lo mismo que se observa en

ellos, tienen un peso considerable bajo una magnitud relativamente pequeña, que no dejan pasar la luz al traves de su masa, es decir, que son *opacos*, que se dejan extender en láminas muy delgadas y en hilos muy finos, por medio del martillo ó de la hilera, es decir, que son *maleables y dúctiles*, y que cuando se calientan en un punto cualquiera de su masa, permiten que el calor se propague fácil y rápidamente á todo el resto de ella (1). Los metales citados en uno de los párrafos anteriores se hallan comprendidos en esta definicion; pues aunque el oro en cierto estado es trasparente, esta es una excepcion que sólo se presenta cuando las hojas del metal son extremadamente ténucs, y tal propiedad no puede ni sospecharse siquie-

(1) Para las personas que hayan leído ántes del *Manual de Metalúrgia* el de *Física Popular*, puede simplificarse mucho la definicion de los metales, diciendo que son cuerpos con un brillo particular, opacos, dúctiles y maleables, de gran peso específico y buenos conductores del calor y de la electricidad. Los detalles en que se ha entrado respecto de cada una de estas propiedades, son necesarios para aquéllos que no hayan leído el *Manual de Física*; pero debe recomendarse eficazmente la lectura ordenada de todos los Manuales relativos á las ciencias de una misma rama de conocimientos, porque de otro modo es imposible comprender bien los que se refieren á artes ó ciencias fundadas en otras, de cuyos principios no puede prescindirse al exponerlos.

ra en los objetos de uso comun que con el metal se fabrican. Tambien existen algunos otros metales que no presentan las cinco condiciones enunciadas; pero son raros, y puede darse como seguro que todos ellos tienen por lo ménos cuatro, lo cual no se verifica en ningun cuerpo que no deba considerarse como metal.

Medios de extraer los metales.—Aparte de las propiedades que se han citado y que pertenecen al número de las propiedades físicas, tienen los metales otras, que son las que se emplean para separarlos de aquellos cuerpos, que, combinados con ellos, forman los minerales. Puede admitirse en general que para aislar los metales se buscan ciertos cuerpos que tengan mayor tendencia á combinarse, es decir, mayor afinidad con el cuerpo que está asociado al metal, que el metal mismo. Así, por ejemplo, el oxígeno y el azufre, son cuerpos que se presentan con gran frecuencia combinados con los metales, formando minerales que se llaman óxidos en el primer caso, y piritas, por lo comun, en lo segundo: como el objeto de las operaciones metalúrgicas ha de ser obtener el metal separado de las otras sustancias que con él componen el mineral, se buscan cuerpos como el carbon y el hierro, por los cuales tengan respectivamente el oxígeno y el azufre mayor afinidad que el

metal con que se hallan combinados: y de este modo, poniéndolos en circunstancias á propósito, en el caso de los óxidos el oxígeno abandona el mineral para combinarse con el carbon, dando origen á un cuerpo gaseoso que se escapa del aparato en que la operacion se verifica, y el metal queda solo; y en el caso de los sulfuros se forma en muchas ocasiones una combinacion de azufre y hierro, quedando el metal aislado y separado de ella por su mayor peso específico.

Menas.—Las sustancias minerales que contienen los metales en las condiciones necesarias para extraerlos de ellas con economía, es decir, obteniendo un resultado cuyo producto en venta sea mayor que los gastos ocasionados para producirlo, se llaman *menas*. No puede, por consiguiente, asignarse á las menas una riqueza determinada para que sean susceptibles de beneficiarse: hay ocasiones en que minerales muy *ricos* ó que contienen una gran cantidad del metal cuya obtencion se desea, no pueden considerarse como menas, bien porque las combinaciones en que se halla empeñado son muy difíciles de destruir, bien porque, al mismo tiempo que el metal, existen en el mineral otros cuerpos que no sería posible, ó fácil al ménos, eliminar por completo, y cuya presencia en el producto obtenido, le daría tales propiedades que impedirían

ran utilizarle en los usos á que la industria le destina.

Tratamiento: fábrica.—El conjunto de las operaciones á que se someten las menas para obtener de ellas los metales, se llama *tratamiento ó metalúrgia*. Así se dice, por ejemplo, *tratamiento ó metalúrgia del plomo, del cobre*, etc. para designar los procedimientos empleados con el objeto de producir estos metales.

Los establecimientos en que estas operaciones se ejecutan se llaman *fábricas ú oficinas de beneficio*.

CAPÍTULO II.

OPERACIONES METALÚRGICAS.

§ I.—Operaciones metalúrgicas en general.

Division de las operaciones metalúrgicas.—*Preparacion mecánica de las menas.*—Las operaciones á que se someten las menas para beneficiarlas, ó sea para separar de ellas los metales que contienen, son de dos clases. Unas que se verifican sin hacer intervenir para nada reacciones químicas, y en las cuales se trata únicamente de separar la mena de la mayor parte de las sustancias térreas y pétreas que la acompa-

fian: otras en que buscando reacciones químicas entre los diferentes cuerpos que forman por su combinacion la especie mineral de que se trata, puedan dar como resultado el aislamiento del metal que se desea.

Al excavar una mina de plomo, por ejemplo, y arrancarse del filon el mineral que le constituye, sucederá seguramente, que no se arrancará solo la combinacion de plomo y azufre que se conoce en mineralogía con el nombre de *galena*, sino que se arrancará tambien al mismo tiempo parte de la roca en la cual el filon está enclavado, y además ciertas sustancias estériles, lapídeas las más veces, que acompañan al mineral en la masa misma del filon, y que se llaman *gangas*. Cada trozo, pues, de mineral que se estraiga á la superficie y se entregue á la fábrica en que se ha de beneficiar para obtener el plomo, estará formado de cierta parte de galena y de otra parte de sustancias, como el cuarzo, el espato calizo, la pirita de hierro, etc., que no contienen plomo, y que por lo tanto conviene separar cuanto ántes y por los medios más baratos que sea posible, á fin de no someter á los procedimientos verdaderamente de beneficio, sino aquella porcion donde se encuentra el metal. Y si esto no puede conseguirse por completo, disminuir al ménos la cantidad de

esas sustancias, que no solo son inútiles porque no pueden darnos resultado alguno, sino que son perjudiciales porque absorben una buena parte de los gastos que el beneficio ocasiona. Reduciendo el mineral á trozos pequeños y sometiéndole despues á la accion de corrientes de agua verticales y horizontales, por medio de diferentes aparatos dispuestos con este objeto, se puede conseguir, no sólo que en unos trozos quede casi sola la galena y en otros las demás sustancias, sino separar los trozos de una y otra clase de un modo bastante perfecto para que pueda desecharse una porcion de ellos sin temor de que arrastren consigo cantidades de mineral aprovechables; y reservar otra, en la cual se haya reunido en menor volúmen casi toda la galena. Esta clase de operaciones, que se fundan todas ellas en acciones mecánicas, constituyen lo que se conoce bajo el nombre de *Preparacion mecánica de las menas*, y forma una rama especial del beneficio.

Procedimientos metalúrgicos.—Concentrada la galena en la menor cantidad posible de mineral, y sometiéndola á procedimientos apropiados, se consigue que el azufre abandone su combinacion con el plomo y éste quede libre y separado de los otros cuerpos que aún le acompañaban en el mineral. Estas otras operaciones,

que se fundan en reacciones químicas, son las que constituyen esencialmente los *procedimientos metalúrgicos*.

Vía seca: vía húmeda.—Segun la naturaleza de las operaciones á que se someten las menas despues de enriquecidas ó concentradas por medio de la preparacion mecánica, se dividen los procedimientos metalúrgicos en procedimientos por la *vía seca* y por la *vía húmeda*. Los primeros son aquellos en que las menas se someten á la accion de una temperatura muy elevada que basta para alterar su composicion, bien volatilizando algunos de los cuerpos que entran á constituir las, bien oxidando algunos otros, bien fundiendo la totalidad de la sustancia. Los segundos son aquellos en que se procura separar el metal de los cuerpos combinados con él, disolviendo las menas en ciertos líquidos, y precipitándole luégo de esta disolucion por medios adecuados al efecto, ó volatilizando el líquido para obtener sólo el metal.

En muchas ocasiones, el tratamiento general á que se someten las menas consta de ambas clases de procedimientos; y entónces, casi siempre los procedimientos por la vía húmeda se destinan á obtener una concentracion que complete la producida por la preparacion mecánica; y los procedimientos por la vía seca son los

que aislan el metal y le producen en las condiciones oportunas para introducirle en el mercado.

Pérdidas—Tanto por uno cuanto por otro de estos procedimientos, es imposible que el resultado de las operaciones sea igual á la cantidad total de metal que existía en las menas: es decir, que resulta una pérdida de mayor ó menor consideración, segun que sea ménos ó más perfecto el procedimiento. Esta pérdida depende de causas muy diversas; unas veces, de que reducido el metal al estado gaseoso, es decir, á vapor, á consecuencia de la temperatura elevadísima á que se encuentran los aparatos, se pierde en la atmósfera; otras de que el polvo ténue del mineral que puede haber en el aparato, es arrastrado mecánicamente por la corriente de gases que atraviesa aquel, del mismo modo que en los dias de viento, éste arrastra á largas distancias el polvo y la arena fina que levanta del suelo; otras, de que formando ciertos compuestos, imposibles de destruir por las reacciones que se verifican, pasa á los productos estériles que se desechan; otras, de que disuelto en ciertos líquidos cuando se trata de procedimientos por vía húmeda, hay necesidad de abandonarle, porque una gran parte de aquellos queda empapando las sustancias estériles, etc.

Del carácter puramente industrial de las ope-

raciones metalúrgicas resulta naturalmente que no se necesita en absoluto evitar esas pérdidas, y que sólo debe procurarse que no excedan de ciertos límites, para que la cantidad perdida no equivalga ó supere al costo de las operaciones que sería necesario hacer para obtener esa cantidad. Si un procedimiento empleado para el tratamiento de menas de cobre ocasiona una pérdida de $\frac{1}{2}$ por 100, ese procedimiento deberá modificarse para evitar esa pérdida, si la diferencia entre el costo de las operaciones en el primer caso y en el segundo es menor de lo que vale en venta la cantidad de cobre que se obtiene de más con el procedimiento variado; pero no deberá modificarse siempre que el valor del cobre sea más pequeño que el aumento de gastos que la modificación lleve consigo. En el caso de que los gastos equivalgan al valor del metal obtenido, conviene siempre obtener la mayor cantidad posible, en cuyo caso hay siempre alguna pequeña ventaja, porque los gastos generales del establecimiento, repartiéndose de esa manera en mayor cantidad de producto, le gravan algo ménos.

§ II.—Operaciones metalúrgicas por la vía seca.

Calcinacion.—Como se ha dicho ántes, los procedimientos por la vía seca son distintos,
METALÚRGIA.



segun el resultado que se trata de obtener: cuando para el objeto que nos proponemos no han de fundirse las sustancias, sino que únicamente se ha de verificar la volatilizacion de algunos cuerpos, la oxidacion ó cloruracion de otros, etc., sin que la masa de las menas llegue á tomar el estado líquido, la operacion se designa bajo el nombre de *calcination*, y debe conducirse á una temperatura tal, que no puedan liquidarse las menas, ni por sí solas, ni por la adicion de las sustancias que hace falta agregar para producir las reacciones que se buscan. Cuando se trata de cuerpos que no son fácilmente fusibles, como por ejemplo, el carbonato de cobre, que es uno de los minerales que se destinan á la fabricacion de este metal, la operacion necesita pocas precauciones; basta someterle á la accion de un fuego fuerte, para que destruyéndose la combinacion que le formaba, el ácido carbónico se lance á la atmósfera, y el óxido de cobre quede como producto de la calcination.

Hay otros casos en que la predisposicion que presenta la mena á fundirse hace que la operacion sea muy delicada y que deban tomarse para llevarla á cabo muchas precauciones. Así sucede cuando hay necesidad de calcinar *sulfuros* metálicos, es decir, combinaciones del azu-

fre con los metales. Los sulfuros metálicos, en general, tienen bastante tendencia á liquidarse por el aumento de calor exclusivamente, y si esto llega á suceder, no puede conseguirse el resultado que se desea, porque una vez fundidas las menas, las acciones químicas que se efectúan en ellas son distintas de las que se verifican cuando el cuerpo gaseoso que se emplea en la calcinacion obra sobre la mena sólida. Por mucha que sea la tendencia de la mena á fundirse, no es nunca tanta que se liquiden por completo las sustancias que se trata de calcinar. Lo que sucede frecuentemente, si no hay mucho cuidado para conseguir la elevacion gradual del calor, es que se funde un poco de la superficie de los trozos, si el mineral no estaba pulverizado y si sólo triturado; ó cuando está en polvo, que se aglutina éste formando grumos.

Sea una ú otra de estas cosas la que suceda, el resultado definitivo es que el mineral sólido, que aún no ha sufrido la accion del aire ni casi la del calor, queda envuelto por una costra semi-fundida unas veces, vitrificada por completo otras, que de todos modos es impermeable á los gases, y que por consiguiente impide que éstos lleguen al interior de la masa mineral encerrada por esa costra é imposibilitan la calcinacion.

Es preciso por este motivo, cuando se calcinan sulfuros, empezar por dar una temperatura muy suave, é ir aumentándola á medida que la trasformacion de aquellos cuerpos en otros más refractarios, disminuye la predisposicion de la masa á cambiar de estado.

La calcinacion puede hacerse con diferentes objetos:

1.º Volatilizar un cuerpo para obtenerle despues condensándole; en este caso se designa con los nombres especiales de *destilacion*, si el cuerpo que se obtiene es líquido, y de *sublimacion* si es sólido. Ejemplos de esto son la destilacion del *cinabrio*, combinacion de azufre y azogue para obtener este último cuerpo, y la sublimacion de las piritas arsenicales para obtener el arsénico que contienen, ó algunas combinaciones de ese cuerpo que corren en el comercio.

2.º Expulsar del mineral algunos cuerpos que no se trata de aprovechar, pero que conviene separar de él para las operaciones ulteriores. Esto es lo que se verifica, por ejemplo, cuando se calcina la *calamina*, combinacion de ácido carbónico y óxido de zinc, para expulsar el primero de dichos cuerpos, y dejar sólo el segundo, que es el que se presta más fácilmente á la obtencion del metal.

3.º Oxidar alguna de las sustancias que entran á componer el mineral, bien sea para que, combinada con el oxígeno, se volatilice más fácilmente, bien para obtenerla en el mineral al estado de óxido, y predispuesta, en virtud de esta composición, á reacciones ulteriores. Puede ocurrir también, que en vez de oxidar, se trate de clorurar los cuerpos; en el primer caso se emplea siempre como agente de oxidación el aire atmosférico; en el segundo, un cuerpo capaz de desprender cloro por medio de su mezcla con el mineral, á la temperatura y en las condiciones oportunas para la calcinación. Muchas veces se busca la oxidación ó la cloruración, no de uno, sino de varios cuerpos. El beneficio de las piritas de cobre, sulfuros de cobre y de hierro, empieza siempre con una calcinación, por cuyo medio se consigue oxidar el azufre, para que convirtiéndose en un cuerpo llamado ácido sulfuroso, que á la temperatura ordinaria es un gas, se lance á la atmósfera, y oxidar también el hierro, á fin de que en una operación posterior pueda formar un silicato de poco peso específico, y separarse del producto en que se va concentrando el cobre.

A esta calcinación, que se distingue esencialmente de las otras, se le ha dado en algunos idiomas extranjeros un nombre distinto, y tam-

bien se ha llamado por algunos españoles *tos-tion* ó *torrefaccion*.

4.º Reducir, esto es, separar del oxígeno con que se hallan combinados, algunos metales por medio de cuerpos que tengan con aquél más afinidad que el metal de que se trata. Como ejemplo de esta clase de calcinacion se puede citar el de la reduccion del óxido de hierro á hierro metálico en las forjas, y mejor aún en el procedimiento de Chenot.

Segun que el mineral se halle reducido á polvo ó simplemente triturado, varian los medios de llevar á cabo la calcinacion, es decir, los aparatos en que se ha de elevar la temperatura del mineral; pero en todos casos, conviene tener presentes várias observaciones, y especialmente la que se ha hecho anteriormente, relativa á la mayor ó menor lentitud con que se puede realizar el aumento del calor.

Quando el mineral está en trozos, los gases de la combustion tienen que atravesar por entre ellos para calentarlos, y en este caso es preciso naturalmente que los trozos no sean demasiado pequeños para que no formen una masa que no pueda atravesar la corriente del viento. Esto es tanto más necesario, quanto que si el gas que se desprende del mineral no es bien arrastrado por la corriente, y queda estacionado en los huecos

que dejan entre sí los trozos de mineral, impide casi en absoluto la operacion. Un fenómeno de esta especie se verifica en la calcinacion de la piedra caliza que se usa para fabricar la cal con destino á las construcciones de edificios, etc. La caliza es una combinacion de ácido carbónico y óxido cálcico ó cal; sometida á una temperatura elevada, se descompone, desprendiéndose el ácido carbónico y quedando la cal; si esta elevacion de temperatura se hace en un crisol, las primeras porciones de gas que se desprenden llenan éste, desalojando de él el aire que contenia; y en este caso, por mucho que sea el grado de calor, es imposible dejar la caliza exenta de ácido carbónico; porque la atmósfera de ácido carbónico que llena el crisol se opone al desprendimiento de mayor cantidad de este gas: miéntras que en un horno de los comunes en que se verifica la cochura de la cal, arras-trando el aire que entra por la parte inferior el ácido carbónico á medida que se va desprendiendo, y resultando por consecuencia que siempre se encuentran los trozos de caliza en una atmósfera formada casi completamente de aire, la calcinacion se hace perfectamente y la caliza se convierte totalmente en cal. Lo mismo sucede en el caso del crisol si por un medio cualquiera se hace llegar á éste una corriente

de aire ó de otro gas, capaz de arrastrar en su movimiento el ácido carbónico que se va desprendiendo.

Es de mucha importancia, por consiguiente, el tamaño de los trozos de mineral que han de calcinarse haciendo que atraviese por entre ellos la corriente gaseosa, y no deben ser nunca menores que un puño, á fin de que dejen los intersticios necesarios al paso de la corriente.

Tambien importa procurar que los trozos sean próximamente de un mismo tamaño ó que entre unos y otros no haya grandes diferencias. Ejerciéndose en el caso de que se trata la accion del calor y de los gases desde la superficie de los trozos hácia el interior, es indudable que tardará en penetrar hasta su centro tanto más tiempo cuanto mayores sean; y por lo tanto, si su tamaño es muy variable, estarán calcinados por completo los más pequeños, cuando los mayores no hayan sufrido aún la accion que se desea más que en una zona, tanto más pequeña cuanto mayor sea la diferencia entre unos y otros; y de aquí resultará necesariamente una de dos cosas: ó los trozos pequeños sufrirán la operacion durante un tiempo mucho más largo de aquel que necesitan para sufrir la trasformacion que se quiere producir

en ellos, ó los trozos grandes quedarán en parte sin calcinar.

En el primer caso, hay evidentemente una pérdida de calor, puesto que para mantener los trozos pequeños á la temperatura de la calcinacion se necesita estar elevando constantemente su temperatura; de otra manera se enfriarian.

Además, puede suceder que las reacciones que se buscan lleguen á un punto determinado, y que continuando la elevacion de temperatura, la accion de ciertos gases, etc., se puedan producir nuevas combinaciones ó nuevas descomposiciones, que en vez de favorecer las operaciones posteriores las dificulten ó las impidan; y puede, por último, acontecer, que formándose en la calcinacion algun producto volátil, el continuar sometido á la operacion despues de formado durante mucho tiempo, ocasiona el que se volatice, causando pérdidas si se trataba de la sustancia beneficiable.

En el caso de que la calcinacion termine ántes que los trozos grandes estén suficientemente calcinados, es evidente que, haciéndose la operacion para preparar las que han de verificarse despues, estas se realizarán en malas condiciones sobre toda la masa interior de los trozos que haya quedado sin calcinar, y en ocasiones que no se podrá aprovechar parte alguna de la

sustancia que trata de obtenerse de los trozos no calcinados. El beneficio á que se someten las piritas de cobre de Riotinto comienza por una calcinacion en la cual se trata de convertir el sulfuro de cobre contenido en las menas en sulfato del mismo metal, á fin de hacerle soluble en agua. Si parte de la pirita queda sin calcinar, el sulfuro de cobre que corresponde á esa parte, no siendo soluble en agua, queda con los residuos de la disolucion y se desecha; de manera que si quedaran en esta operacion muchos trozos de pirita mal calcinados, sería grandísima la pérdida causada por este solo hecho: mientras que cuando la calcinacion ha penetrado bien en el interior de los trozos se aprovecha casi la totalidad del cobre contenido en ellos.

En algunas localidades del extranjero, por ejemplo, en la fábrica de Agordo (Alpes venecianos), la calcinacion se lleva sólo hasta que se ha convertido en sulfato una costra exterior en cada trozo de mineral; pero despues se separa cuidadosamente esta costra sulfatizada, que es muy deleznable, del centro de los trozos, en el cual se ha concentrado una gran parte del cobre que se beneficia luego por otro procedimiento.

Cuando la calcinacion se verifica sobre cuerpos en polvo, es imposible que los gases atra-

viesen la carga de las menas, que como se comprende desde luégo, forma una masa apelmazada é impermeable á la corriente. Los aparatos en que se calcinan los minerales cuando se encuentran en este estado, son distintos, por consiguiente, de los que se emplean para los minerales en trozos, y por regla general la calcinacion es más cara por este método, porque necesita mayor cantidad de combustible y de mano de obra. En cambio se verifica más completamente; pero es necesario remover con frecuencia la masa, porque no sufriendo la accion de los gases que intervienen en la calcinacion más que por la superficie, si no se renueva la parte expuesta á la corriente, cesa pronto la accion, y podria darse tambien el caso de que, calcinada ya una porcion de la carga, que sería naturalmente la que ocupara la superficie, la otra permaneciese aún sin alterar, produciéndose consecuencias análogas á las indicadas para la calcinacion de menas en que hubiera trozos grandes y chicos.

En los minerales en polvo es más frecuente que en ningun otro caso, la vitrificacion ó fusion de parte de las menas que forman grumos cuyo interior está formado de polvo *crudo*, es decir, sin alterar. En ese caso suelen romperse esos grumos dentro del mismo aparato en que la

calcination se verifica, por medio de *rodillos* que tienen la forma de un azadon, cuya chapa es corta y gruesa, y con los cuales se golpean con precaucion. Despues se ahueca el polvo con barras de hierro acabadas en punta, llamadas *espetones*, y á veces se lleva de un sitio á otro, en el mismo aparato, por medio de palas. Tambien se favorece la calcination haciendo surcos en el polvo del mineral por medio de rastrillos de hierro, con un mango largo del mismo metal, que se arrastran sobre la masa y la dejan con el aspecto de una tierra de labor recientemente arada. Esta manera de preparar las menas y de removerlas, es muy conveniente, porque expone una superficie mucho mayor á la accion de los gases, puesto que en vez de un plano horizontal forma la mena una série de subidas y bajadas, cuyo desarrollo en un plano ocuparia un espacio mucho más considerable.

Si los grumos de que se ha hablado ántes son demasiado pequeños y demasiado resistentes para deshacerlos al mismo tiempo que se hace la calcination, ésta queda incompleta; pero al sacar el mineral del aparato en que estaba calcinándose, se le hace pasar á traves de una criba más ó ménos fina, segun sea el tamaño de los grumos formados y el grano del polvo, logrando así separar la parte bien calcinada de

la que no lo está; la segunda se remueve en aparatos á propósito y vuelve luégo al horno.

Fusion.—Las menas, ya en su estado natural, ya despues de haberlas calcinado, ya solas, ya con adición de otras sustancias, se someten en general, para obtener de ellas los metales que contienen, á una elevada temperatura, que trasformándolas en líquido, permite que se verifiquen entre ellas y los cuerpos que se les han agregado ciertas reacciones cuyo resultado es el metal, ó un cuerpo en que se halla éste más concentrado que en la mena. La temperatura elevadísima que exige la fusion, no puede producirse sino en espacios cerrados, cuya existencia es necesaria además para contener los líquidos que se van á formar. La separacion de los diversos productos que en esos espacios se obtienen se verifica por sí sola en virtud del diferente peso específico de unos y otros: todos hemos visto que cuando se echan en un vaso agua y aceite, éste ocupa la parte superior, y que cualquiera que sea el esfuerzo que hagamos para mezclarlos, siempre se determina una subida del aceite á ocupar la parte alta. Una cosa análoga, cuya causa es la misma que la del hecho que se acaba de enunciar, sucede con los líquidos que se reunen en el interior de los aparatos en que se funden los minerales. Por regla

general, el efecto de la fusion es separar el metal que se busca, al estado que se llama *regulino*, es decir, sin ningun otro cuerpo que le quite sus propiedades metálicas, ó cierta combinacion del metal con algunos cuerpos,—especialmente el azufre, el arsénico y el antimonio,—de otras sustancias llamadas *escorias*, en las que se reunen las materias pétreas que se han designado con el nombre de gangas, y las del mismo género que se agregan para facilitar la fusion, y que se llaman *fundentes*; esta separacion se verifica en el interior del aparato, en virtud de la diferencia de densidades. Los metales regulinos son los cuerpos más pesados de todos los que se producen en estas fundiciones, y cayendo líquidos al receptáculo donde han de irse reuniendo durante la operacion, ocupan la parte más baja; despues vienen las combinaciones de los metales con el azufre, el arsénico y el antimonio, que se llaman *matas* ó *spais*; segun que en ellas predomina el primero de estos cuerpos ó los otros dos; y por último, las escorias, que son las más ligeras.

Tambien se aprovecha para separar unas de otras estas materias su diverso grado de fusibilidad, que es tanto más pequeño, cuanto más ligeras son; de modo que si todas ellas se reciben juntas en un reposador, empiezan á solidi-

ficarse por las más altas, á lo cual contribuye tambien la circunstancia de que la superficie superior es la que se halla en contacto con el aire, y por consiguiente, la que se enfria con más facilidad. De esta propiedad se saca partido muchas veces para extraer de un depósito donde se hallan reunidos y fundidos los productos de un horno, primero las escorias, que se van solidificando en capas de mayor ó menor grueso, segun que se quitan con mayor ó menor intervalo de tiempo; pero que se solidifican todas ellas ántes que haya perdido su fluidez la mata ó el metal que están debajo; y lo mismo sucede con las matas respecto de los metales regulinos.

Así como la generalidad de las calcinaciones tienen por objeto oxidar algunas sustancias, la generalidad de las fundiciones tiene un objeto contrario, lo cual se comprende perfectamente, toda vez que esta operacion se efectúa en la mayoría de las ocasiones para obtener los metales. Sin embargo, como en la fundicion las sustancias que se introducen en los aparatos salen de ellos á excepcion de los combustibles al estado líquido por la parte inferior, resulta que al reducirse uno de los cuerpos, se oxida recíprocamente otro, que es aquél que se agregó para reducir el primero, y por lo tanto no es tan conveniente dividir las fundiciones en dife-

rentes clases, como se hizo en las calcinaciones, puesto que no hay una línea de separación tan marcada entre unas y otras.

Las condiciones que se deben satisfacer en la fusión son las siguientes:

1.^a Procurar que la temperatura sea la más elevada posible, y para ello concentrarla en un espacio cerrado, cuyas paredes den muy poco paso al calor, y que esté convenientemente aislado del terreno para que no pueda comunicársele la humedad de éste; pero evitar que se lleve hasta tal punto que pueda dar ocasión á que se volatilice alguna parte de la sustancia beneficiable.

2.^a Conservar las materias fundidas en un depósito en que no actúen sobre ellas los gases ni las demás sustancias que han de favorecer las reacciones, á fin de que, una vez obtenidas las que quieren producirse, no se alteren por su contacto con aquellas otras.

3.^a Agregar á las sustancias beneficiables aquellas otras que deban servir para aislar los metales ó para producir la fusión, especialmente de las gangas, en tales proporciones y de tal manera, que se liquide la masa á la temperatura conveniente.

4.^a Tener las materias siempre en tal disposición que pueda, ó actuarse sobre ellas por

medio de herramientas, ó aumentar á voluntad la temperatura, bien agregando mayor cantidad de combustible, bien activando su combustion, bien cerrando algunas aberturas, por medio de las cuales comunican los aparatos con el aire exterior.

Esta última condicion es tanto más indispensable, cuanto que frecuentemente acontece que la operacion se interrumpe, presentándose en la masa fundida trozos sólidos, que se adhieren á las paredes de los aparatos, y producen en muchos casos la parada de las operaciones.

Afino.—No obstante lo dicho acerca del carácter general de las fundiciones, hay algunos casos en que se procura hacer que las reacciones verificadas en el interior de los aparatos den por resultado una oxidacion, no precisamente del metal que se busca, sino de aquellos que le acompañan, y que convertidos en óxidos, pasan fácilmente á las escorias. En este caso, conviene someter la masa despues de fundida á un medio de oxidacion, que es casi siempre una fuerte corriente de aire, frio unas veces, caliente otras, que en virtud del oxígeno que contiene, oxida ciertos cuerpos, haciéndolos más ligeros; obligados por esta propiedad á subir á la superficie del baño metálico, ó corren por sí al exterior de los aparatos, ó se separan por medio de

METALURGIA.



herramientas y útiles á propósito, ó son absorbidos por ciertos cuerpos ó por los mismos materiales de que está construido el aparato.

Suele ser producto de la fundicion de los minerales plomizos, un plomo que contiene cierta cantidad de plata y que se llama *plomo de obra*. Sometida esta aleacion á una temperatura elevada y á una fuerte corriente de aire, que actúe precisamente sobre su superficie, se oxida el plomo, y viene á nadar en el baño metálico, corriendo al exterior cuando su cantidad es bastante para ello; y la plata queda sin oxidar con una cortísima cantidad de los metales que con el plomo la acompañaban. Esta operacion, que es uno de los ejemplos de fundicion oxidante, se llama *copelacion*.

El cobre que se obtiene de los minerales es una combinacion de este metal con otros cuerpos, principalmente el hierro, que llegan á veces á constituir la quinta ó la sexta parte de la masa total; pero que todos ellos son mucho más oxidables que el cobre. Este producto se llama *cobre negro*, y sometido á una accion semejante á la que acaba de indicarse para el plomo de obra, da tambien como resultado *cobre roseta* ó cobre más ó ménos puro, pero aceptable ya en el comercio.

Un hecho análogo se verifica con el hierro

colado que se obtiene por el tratamiento de las menas de hierro segun el método que se llama indirecto, cuando se quiere convertir en hierro dulce; y en estos casos, en que la fusion oxidante viene á ser el término de todas las operaciones, se distingue con el nombre particular de *afino*. La copelacion se comprende que es un caso particular de afinado de la plata.

Licuacion.—Hay otras ocasiones en que no conviene liquidar completamente todas las materias que se someten al beneficio; sino que en atencion á la gran diferencia de fusibilidad que presentan unas y otras, es preferible fundir aquellas que se liquidan á una temperatura comparativamente baja, y separarlas por este medio de las otras. Esta especie de fundicion parcial, que se llama *licuacion*, se verifica, por ejemplo, en el caso en que se trata de separar el bismuto, metal sumamente fusible y que se presenta casi siempre en estado regulino, de las sustancias pétreas en que viene implantado; ó el sulfuro de antimonio, que tambien se liquida á poco calor, de las gangas con que viene mezclado.

Cristalizacion.—Tambien se suele presentar el caso de someter una mezcla de varios metales fundidos á un enfriamiento lento, en virtud del cual uno de ellos se solidifica tomando la

forma de cuerpos regulares; cubos, octaedros, romboedros, etc., mientras los otros permanecen líquidos todavía. Este caso, que se verifica en la concentración de la plata en los plomos de obra, recibe el nombre de cristalización.

§ III. Operaciones metalúrgicas por la vía húmeda.

Disolución y precipitación.—Si por las circunstancias especiales en que las menas se encuentran, por la escasez de combustibles ó por otras causas, no conviene recurrir á la fusión para separar de ellas el metal que ha de ser objeto del beneficio, puede acudirse, como se ha dicho ántes, á ponerlas en contacto con un líquido capaz de disolver la parte metálica, dejando insolubles las demas. En este caso se necesita procurar:

- 1.º Que el líquido sea muy barato y pueda disolver una gran cantidad de sustancia;
- 2.º Que las operaciones á que sea preciso someter las menas para prepararlas á la disolución, no sean tampoco costosas;
- 3.º Que los aparatos en que el líquido se coloque no den lugar á filtraciones, que representarían pérdidas tanto más sensibles, cuanto mayor sea el precio del metal beneficiado;
- 4.º Que se separen lo más completamente

posible el sólido y el líquido, una parte del cual queda siempre empapando aquél;

5.º Que sea fácil obtener del líquido el metal que contiene.

Sometida una mezcla de sulfuros de hierro, cobre y plata á una calcinacion dirigida con gran esmero, se puede conseguir que estos cuerpos que son insolubles en el agua, se conviertan en sulfatos que son solubles; y adelantando más aún la operacion, pueden descomponerse los sulfatos de hierro y cobre, dejándolos convertidos en óxidos, sin que se descomponga, en cantidad apreciable al ménos, el sulfato de plata. En tales condiciones, si se agrega á la mezcla de los óxidos de hierro y cobre y del sulfato de plata, agua caliente, este último cuerpo se disuelve en cantidad considerable y los demas quedan insolubles. Se deja luego correr el líquido de los depósitos en que se encuentra y á traves de un filtro, á otros depósitos en donde acaban de aposarse las partículas sólidas que habia arrastrado consigo, y en la disolucion ya trasparente se introducen unas barras de cobre. El cobre se sustituye en el líquido á la plata, y esta se reúne en el fondo del depósito formando una especie de flecos que se separan fácilmente de las barras de cobre, lavándolas con agua.

En vez de agua caliente se pueden emplear para la disolucion algunos ácidos, y en este caso no es siempre precisa la calcinacion prévia.

Amalgamacion. — Los minerales de oro y plata presentan casi siempre estos metales en su estado natural, en cuyo estado son solubles en el azogue, ó formando ciertas combinaciones, que se descomponen fácilmente y que dan por resultado el metal regulino, con la propiedad que acaba de indicarse. Preparados para que la disolucion se verifique, se vierte sobre ellos azogue y despues se agitan con agua para que ésta arrastre el polvo de las menas, dejando en el fondo de los aparatos el azogue que tiene disuelto el metal noble, formando un líquido más ó ménos espeso, segun la mayor ó menor cantidad que contiene; filtrando este líquido á traves de un lienzo de hilo grueso, pasa una porcion del azogue que no lleva casi ninguna plata ú oro, y queda dentro del paño una combinacion de azogue y plata, que se puede destilar: el resíduo es la plata; y el azogue que se volatiliza, se puede recoger en un condensador adecuado al efecto. Esta operacion, conocida desde hace muchos siglos, se llama *amalgamacion*, y es exclusiva para los minerales de plata y oro; especialmente para aquéllos que contienen estos cuerpos en estado nativo ó me-

tálico, implantados únicamente en su masa.

Las operaciones por la vía húmeda son mucho menos frecuentes que las de la vía seca; y si bien de algun tiempo á esta parte se han desarrollado mucho, las dificultades que ofrece su manejo, la grave exposicion que presentan á no poder aprovechar bien los líquidos ó á perderlos, lo cual origina pérdidas de gran entidad, y el poco tiempo que, exceptuando la amalgamacion, han tenido para perfeccionarse, han hecho que no tomen hasta el dia una gran importancia. Por punto general, puede decirse que los procedimientos por la vía húmeda que se pueden calificar de verdaderamente industriales, sólo tienen por objeto, como el ya citado de Riotinto, concentrar el metal, que está muy diseminado en las menas, en una porcion mucho más pequeña de materia.

CAPÍTULO III.

APARATOS EN QUE SE VERIFICAN LAS OPERACIONES METALÚRGICAS.

I.

Generalidades.

Division de los aparatos, segun las operaciones que se han de practicar en ellos.—Las ope-

raciones metalúrgicas por la vía seca, fundándose en principios, y usando procedimientos distintos de las operaciones por la vía húmeda. exigen naturalmente aparatos que se diferencian tambien de los empleados en éstas; de aquí nace por lo tanto una division de los aparatos análoga á la hecha con las operaciones.

Los aparatos de la vía seca consisten en espacios cerrados, dentro de los cuales se colocan las menas unas veces mezcladas con los combustibles, otras separadas de ellos, algunas dentro de vasijas especiales, y cuya forma varía segun el uso á que se destinan. Hay ocasiones en que no existe verdaderamente un aparato construido de antemano, y en que las menas se colocan sobre una explanada de terreno, lo más horizontal y lo más exenta de humedad que sea posible, formando montones, que unas veces se construyen sobre una capa más ó ménos gruesa de combustible, y otras alternando con lechos de leña ó de carbon.

Otras veces, sin existir un espacio cerrado por todas partes, existen sobre la explanada donde los montones han de hacerse tres ó cuatro muros, en cuyo interior se construyen aquellos. Estos espacios que no están cerrados por completo, y que por lo tanto no permiten una gran elevacion de la temperatura, se llaman

plazas muradas, y no se usan nunca para fundir los minerales, sino para calcinaciones y alguna rara vez para licuaciones; aunque en este último caso no se pueden considerar como verdaderas plazas muradas.

Para ciertas operaciones no se llega á construir ni siquiera una plaza de éstas, sino que sólo se hace un muro que resguarde los montones del viento dominante en la localidad.

También se suelen construir cobertizos, bajo los cuales se colocan los montones, y que los preservan de la influencia de las lluvias, cuando las operaciones, como es muy general en el caso de hacerse en montones, se prolongan por espacio de muchas semanas.

Las operaciones de fundición se verifican en espacios cerrados por arriba, por abajo y lateralmente, que sólo comunican con el exterior por medio de aberturas, de pequeñas dimensiones relativamente á las que tiene el aparato, y que en algunos de ellos pueden cerrarse cuando se quiere aumentar la temperatura, impedir la entrada del aire, etc. Estos aparatos reciben el nombre genérico de *hornos* y son los más importantes en las operaciones metalúrgicas.

Los aparatos de la vía húmeda consisten en estanques ó depósitos practicados en el terreno y revestidos de manera que no permitan las fil-

traciones, ó en cubas de madera bien sujetas con aros de hierro y que satisfacen á la misma condicion de no dejar escapar los líquidos que contienen. Algunas veces se usan tambien en las operaciones de la vía húmeda calderas y aún hornos; y en este último caso, excusado es decir que su construccion es tal que los hace á propósito para contener grandes volúmenes de líquido, porque siendo siempre el agua, ó las disoluciones que en ellos se colocan, de mucho menor peso específico y de mucha menor riqueza que los líquidos que resultan de la fusion, se necesita mayor volumen para que exista la misma cantidad de materia útil.

Condiciones generales relativas á la construccion de los aparatos para la vía seca.—La construccion de los hornos exige una porcion de condiciones que la hacen muy delicada. Debiendo estar sometidos en su interior á un calor muy fuerte, necesitan construirse con materiales que no sufran alteracion en esas circunstancias, y al mismo tiempo que ofrezcan las condiciones precisas para darles una buena estabilidad.

Es preciso tambien que se hallen exentos de humedad, cuya evaporacion produciria fatales resultados; y que no puedan adquirir la del terreno, para lo cual debe hacerse que pueda

circular el aire por entre sus cimientos: los movimientos que en ellos ocasionen las diferencias inevitables de la temperatura se deben hacer con regularidad y en conjunto: y sus paredes deben ser de poco grueso, para que enfriadas constantemente sufran ménos deterioro por efecto de la temperatura interior. Hasta hace algunos años, las paredes de los hornos se hacían muy gruesas, tanto para darles mayor estabilidad, cuanto para que se perdiera ménos calor por la irradiación al través de las paredes: en el día se ha observado que es preferible perder alguna cantidad de combustible por efecto de esta irradiación, á mantener las paredes de los aparatos á la temperatura elevadísima que adquieren cuando son gruesas; y se hacen muchas veces de planchas de hierro revestidas interiormente por una capa de materiales refractarios.

La conveniencia de enfriar las paredes de los hornos en algunos casos es tal, que se hace correr por su parte exterior una capa de agua cuya evaporación rápida impide que lleguen á adquirir un calor excesivo que pudiera perjudicar su duración.

No todas las partes de un horno adquieren la misma temperatura; además de las diferencias que se observan entre unas y otras regio-

nes en el interior mismo de los aparatos, no está nunca esta parte interior en contacto con el combustible, á la misma temperatura que la exterior, en la cual ejercen su accion refrigerante, la atmósfera que los rodea y algunas veces, como acaba de decirse, medios artificiales empleados con este objeto. De aquí nace una division entre lo que se llama *la camisa* del horno, que es la parte interior, en contacto directamente con el fuego, y la parte exterior ú *obra muerta*; y como cada una ha de representar un papel distinto en el aparato, son distintos tambien los materiales que se emplean en una y otra, y hasta el modo de construir las.

En la generalidad de los casos, la obra muerta de un horno sirve durante un espacio de tiempo bastante largo, al paso que la camisa se deteriora con mucha mayor rapidez, y debe renovarse más á menudo.

Para dar lugar á que las dilataciones y contracciones de la camisa por la accion del fuego, que son las más considerables, se hagan con facilidad, suele dejarse al construir los hornos entre ésta y la obra muerta, un espacio que se rellena posteriormente de arena, escorias trituradas ú otro cuerpo análogo, en trozos de poco volúmen, cuya movilidad permite este movimiento, y que siendo malos conductores del

calor, impiden la radiacion y preservan la parte externo de la influencia nociva de éste.

Materiales ordinarios y refractarios.—Puesto que la camisa de los hornos ha de ser la parte que estando en contacto con el fuego ó con sus llamas, segun los casos, adquiera un calor más elevado, claro es que habrá de construirse con materiales escogidos para sufrir esta accion, y diferentes por lo tanto de los que se emplean en las construcciones ordinarias. La inmensa mayoria de los hornos son de dimensiones bastante pequeñas para que no necesiten construirse con materiales capaces de resistir grandes presiones, pero en cambio deben hacerse con los que ménos alteracion sufran, no solo por la elevacion sencilla de la temperatura, sino por la accion combinada de ésta y de las materias que han de colocarse en su interior.

Para las partes interiores de los hornos los materiales deben satisfacer á las condiciones siguientes:

1.^a Ser *refractarios*, es decir, no fundirse por las temperaturas más elevadas que se produzcan en los hornos: esta condicion la satisfacen las rocas silíceas como las areniscas, el gneiss, la pizarra cuarzosa, algunos pórfidos, etcetera.

Tambien son refractarias algunas arcillas muy puras, con las cuales se pueden hacer ladrillos de muy buen empleo en las construcciones metalúrgicas.

2.^a No estallar al fuego. Puede suceder que sin ser fusibles las rocas, su textura especial formada de laminillas unidas unas á otras en cierta parte, y separadas en otra por capas de aire muy delgadas, les haga estallar cuando se eleva mucho su temperatura; y en este caso no pueden servir para la construccion de los hornos, porque se destruyen rápidamente, y porque además los trozos desprendidos de la camisa, mezclándose con las cargas, podrian dificultar ó hacer variar las reacciones. Para ensayar si los materiales tienen esta propiedad en el alto grado que hace falta, se debe someter un trozo á la temperatura del rojo blanco, é introducirle inmediatamente en agua fria. Si no estalla en estas condiciones puede emplearse perfectamente; pero hay pocos que resistan esa prueba, y generalmente se consideran como buenos para los hornos aquellos que una vez enrogecidos y abandonados al aire, no se resquebrajan.

3.^a Ser malos conductores del calor, porque esta propiedad, oponiéndose á la irradiacion del calor fuera del aparato, le concentra en su

interior, y por consiguiente le aprovecha más.

4.^a Resistir la acción del fuego sin dejarse corroer por las materias fundidas ó por los combustibles. Esta propiedad no puede indicarse por regla general en ningunos materiales: depende casi exclusivamente de la naturaleza de las sustancias que han de atravesar el horno; si las escorias que han de formarse son básicas serán á propósito materiales en que no predomine la sílice ó cuarzo, porque si esto sucediera las escorias disolverían muy fácilmente las paredes, para formar otras combinaciones que se aproximasen más á la composición de un silicato neutro.

En cambio, cuando las escorias que se produzcan en la operación sean ácidas ó muy cargadas de sílice, serán á propósito para formar la camisa aquellos materiales en que el cuarzo predomine.

No todas las partes interiores del horno están expuestas al mismo calor, ni necesitan satisfacer á iguales condiciones. Las paredes, por ejemplo, necesitan hacerse con trozos de piedra ó con ladrillos, unidos con un mortero á propósito, y colocados de tal manera, que se mantengan en equilibrio sin desarreglarse aunque las variaciones de temperatura produzcan algunos movimientos.

Pero el fondo, y especialmente los depósitos en que deben reunirse las materias despues de fundidas, se pueden hacer con materiales en polvo, amasados y apisonados convenientemente, en cuya masa se practica despues el hueco que sirve para el mencionado objeto. Estos materiales, que son por lo comun mezclas de arcilla y de carbon, que constituyen lo que se llama *brasca*, no servirian para la construccion de las paredes, porque se desmoronarian fácilmente, pero presentan muy buenas condiciones de impermeabilidad para el metal fundido, no se corroen fácilmente y además, entrando en su composicion un cuerpo reductivo, la accion que pueden ejercer sobre el metal que se deposita en el hueco que dejan no puede ser nunca perjudicial.

En la parte exterior de los hornos se pueden emplear los materiales que se destinan por punto general á todas las construcciones: las areniscas, las pizarras, los ladrillos, y á veces las mismas calizas, pueden servir bien para este objeto, si reúnen las condiciones exigidas para los trabajos ordinarios. Tambien tienen excelente empleo de algunos años á esta parte, para la construccion de los hornos y de los edificios en que éstos se encuentran, las mismas escorias que en ellos se producen, y que saliendo

flúidas del interior, pueden recibirse en moldes de la figura que se desee y emplearlas luégo, ya como sillares, como dovelas, claves, etc., en la misma forma que si hubieran sido cuidadosamente labradas. En muchos puntos de Alemania están contruidos con esta clase de material la mayor parte de los edificios que existen en las fábricas metalúrgicas.

Lo mismo que los materiales empleados en la camisa de los hornos, el mortero con que se traban debe resistir bien á la accion del fuego, lo cual proscribe completamente el uso de los morteros de cal y de yeso, que solidificándose en virtud de la absorcion de cierta cantidad de agua, se descompondrian y perderian su cohesion por una elevada temperatura que volatilizaria el agua absorbida. Además, el yeso, en la mayoría de los casos, podria fundirse.

El mortero empleado es la arcilla refractaria, de la misma clase de las que se usan para fabricar los ladrillos: en algunas ocasiones se emplea sola y otras mezclada con arena, con la misma arcilla cocida, con grafito, etc.

Canales de humedad.—Ya se ha dicho ántes que conviene hacer los hornos bastante aislados del terreno en que se encuentran, para que si en éste existe humedad, no pueda comunicarse al interior; y para conseguir esto, y al mismo

METALÚRGIA.



tiempo para refrescar las paredes por la parte exterior, se suelen construir sobre bóvedas que ocupan casi todo el espacio de la planta del aparato, ó bien hacer los cimientos atravesados por varios conductos, que permitiendo la circulación del aire, favorezcan una y otra de las condiciones enunciadas. Segun que los canales tengan más ó ménos dimensiones, están cubiertos por bóvedas ó simplemente por ladrillos ó losas, puestos de plano y apoyados sobre otros por sus extremos.

Además de estos canales suelen existir en los hornos de grandes dimensiones otros canales horizontales y verticales, que dividen la mampostería en pequeños macizos, enfriados por las corrientes de aire que por aquellos circulan, y en los cuales no pueden nunca los materiales de construcción adquirir una temperatura tan elevada como la que tomarian grandes masas de mampostería que no tuvieran estos medios de refrescarse.

Tambien existen los huecos de que se ha hecho mérito entre la camisa y la obra muerta; huecos que permiten que se verifiquen más fácilmente en el horno algunos pequeños movimientos, y que se rellenan de materiales que no deben llegar nunca á estar en polvo, sino en trozos de cierto tamaño, que no baje del de gar-

banzos ó avellanas, y que han de ser malos conductores del calor. Como en virtud de su tamaño dejan entre sí muchos intersticios de bastante volúmen, y en ellos queda detenida una porcion de aire, que posee en alto grado la mala conductibilidad para el calor, evitan en gran manera la pérdida por radiacion y el gasto consiguiente de combustible.

Engatillados.—Por último, para evitar que las diferencias de temperatura á que los hornos necesitan estar sujetos, los destruyan á consecuencia de que las dilataciones y contracciones que sufren los materiales no se verifiquen con la regularidad debida, se les ponen casi siempre atirantados de barras de hierro, que atraviesan la mampostería, y se sujetan á ella por sus extremos, bien por medio de escudos de hierro colado, bien por medio de otras barras ó bien de planchas que casi siempre son de hierro colado, y que arrastrando en su movimiento, especialmente de contraccion, los muros unidos á ellas por el intermedio de esos escudos ó de esas planchas, les hacen tomar la posicion que les corresponde cuando baja la temperatura, sin dar lugar á que se deformen, se hiendan ó se destruyan.

Si suponemos un horno que tenga en las paredes laterales opuestas dos planchas de hierro

colado, y que al traves de éstas y de la mampostería atraviesan unas barras de hierro dulce, que tienen en sus extremos fuertes tuercas, ó agujeros con pasadores, sucederá necesariamente, que al calentarse el horno, dilatándose todos los materiales, las paredes tenderán á separarse, y lo harán mientras lo permita la dilatacion de las barras de hierro dulce; cuando por un efecto cualquiera de los que pueden presentarse en las operaciones, la temperatura disminuye, estas barras se contraen, y como las tuercas ó los pasadores colocados en sus extremos no las permiten salir de los agujeros de las planchas, arrastrarán en su movimiento á éstas y á la mampostería en que se apoyan, trayéndola á la posicion en que debe hallarse á la nueva temperatura.

Estos engatillados se construyen, segun se ha indicado ya, colocando en los extremos de los tirantes, unas veces escudos circulares de hierro colado, por cuyo centro atraviesan aquellos, y otras montantes ó barras chatas del mismo material, que corren por las paredes desde el suelo hasta cierta altura, y que en agujeros practicados al efecto reciben dos, tres ó más tirantes. En algunos casos, ménos frecuentes, pero que cada vez se van generalizando más, casi todo el aparato está forrado de planchas de

hierro colado, á través de las cuales pasan los tirantes, y en las que se apoyan los pasadores ó las tuercas de sus extremos. Excusado es decir que estos tirantes no se han de colocar sólo en una direccion, sino cruzados de modo que sujeten unas á otras las paredes opuestas de los hornos. Siendo lo más general que éstos tengan una planta rectangular ó cuadrada, las direcciones de los tirantes son dos que se cruzan á ángulo recto. Cuando son de una planta poligonal, se suelen poner en tantas direcciones como parejas de planos opuestos hay; si, por ejemplo, la planta es un octógono, se ponen cuatro, uniendo unos á otros los muros opuestos dos á dos.

En los hornos circulares suelen ponerse únicamente en dos ó en tres direcciones.

§ II. Aparatos para la vía seca.

I.

Su division.—Montones.—Plazas muradas.

Division de los aparatos para la vía seca.—Segun el uso á que se destinan los aparatos, y segun la mayor ó menor perfeccion con que cierran el espacio en que se han de verificar las reacciones, se pueden considerar divididos en diversas clases.

En ciertos casos no existe verdaderamente un aparato construido con antelación, sino que aprovechando únicamente un área ó explanada de condiciones á propósito que se prepara de antemano, se construye con las mismas menas un monton, cuya superficie se preserva del contacto de los agentes exteriores por medio de una capa de menudos, á los cuales suelen agregarse algunas otras sustancias, y que desaparece una vez terminada la operacion, para formarse otro con nuevas menas en el mismo sitio ocupado por aquél; estos aparatos se llaman *montones*.

A veces no conviene dejar las menas tan poco resguardadas de las influencias exteriores, y entónces no sólo se aprovecha la explanada sobre la cual ha de colocarse el monton, sino que existen ya construidos sobre ella tres ó cuatro muros, perpendiculares entre sí, ó formando escuadras, en cuyo interior han de hacerse los montones, y que tienen algunos huecos á diferentes alturas para dejar paso al aire indispensable para la combustion del monton. Estos espacios cerrados á medias, siempre descubiertos por la parte superior, y casi siempre por uno de los costados laterales, reciben la denominacion de *plazas muradas*.

Por último, se llaman *hornos* aquellos aparatos

tos en que el espacio se cierra por completo, y quedan sólo entre el interior, donde han de colocarse las menas, y el exterior, algunas comunicaciones, de poca superficie siempre relativamente á la extension del espacio cerrado.

Montones.—Los montones se destinan á calcinar menas en trozos más ó menos grandes, y con los cuales vienen mezcladas generalmente tierras que, presentando tambien bastante riqueza, necesitan calcinarse al mismo tiempo. Ya se ha dicho en la página 24, que cuando los minerales se calcinan en trozos, conviene que éstos sean próximamente del mismo tamaño, á fin de que la calcinacion marche por igual en todos ellos: en el caso de los montones se emplean trozos de tamaños distintos y tierras; pero se procura hacer que las condiciones en que se encuentran, por el sitio donde se colocan y por su mayor ó menor exposicion al aire, contrabalanceen hasta cierto punto las diferencias de tamaño, y que al final del período de calcinacion se encuentren todos alterados de la misma manera. Además, en este caso suele no emplearse más combustible que aquél que la mena lleva consigo, por cuya razon no se pueden originar pérdidas de éste; y por otra parte, no hay peligro en que las sustancias que han llegado ya al punto de alteracion deseado, cam-

bien ulteriormente de composicion. Estas son las causas de que puedan emplearse en el caso que se cita trozos de tamaño distinto.

Para hacer los montones de calcinacion, se empieza por preparar una explanada ó área de terreno, que debe ser lo más horizontal posible, y estar rodeado de una zanja algo profunda para que el terreno no tenga humedad. Sobre este área se coloca algunas veces una capa de tierras que ya se han calcinado en otro monton, pero que todavía no han sufrido la alteracion que deben para destinarlas á las operaciones ultteriores del tratamiento. Esta capa, que suele tener un grueso de 10 á 20 centímetros, y que no es conveniente que pase de esta última dimension, se apisona cuidadosamente: y sobre ella ó sobre el terreno en el caso de que no exista, se coloca una capa de combustible, cuya extension es la que ha de darse á la base del monton. La clase de combustible que se emplea, y su cantidad, depende de la naturaleza de las menas empleadas y de las dimensiones del monton, ó lo que es lo mismo, de la cantidad de mena que va á calcinarse. Por regla general, suele ser ramaje, cuyos haces se colocan cruzados unos con otros, ó de modo que queden á escuadra con los lados del monton; y lo mismo se ponen los trozos de

leña rajada, en el caso de que sea éste el combustible que se use. Se forma de esta manera una capa de leña, que contiene desde 16 hasta 60 metros cúbicos, según que es leña rajada ó monte bajo y ramaje, y que sirve de asiento al mineral. Unas veces, la figura de esta capa es un cuadrado de 3 á 9 metros de lado, y otras, un rectángulo ó un círculo, cuyas dimensiones varían mucho según las localidades.

Encima de la capa de combustible se coloca el mineral, teniendo presente que los trozos más gruesos deben colocarse en el centro del monton y en la parte baja; y los de tamaño más pequeño hácia la superficie y la parte alta, y dejando siempre de cierto en cierto espacio canales que permitan la circulacion del aire por el interior del monton, y que terminen todos ellos en una especie de canal vertical ó chimenea que se forma generalmente con tablas, en el centro de la base.

En el caso más comun, que es el de ser los montones de base cuadrada, se reservan tambien algunos trozos gruesos para las esquinas, y se va dando en todos casos á los costados laterales una inclinacion tal, que las menas no tiendan á caerse de ellos, sino que, por el contrario, estén bien sostenidas, para no resbalar aún cuando se produzcan en la masa total del

monton algunos movimientos indispensables por la desaparicion de la capa de combustible que se consume en los primeros dias despues de haberse encendido. Las dimensiones de la base en estos montones pueden ser cualesquiera, y dependen únicamente de la cantidad de mena que es preciso calcinar y del terreno que hay disponible; la altura está determinada por la posibilidad de colocar los minerales sin auxilio de aparato alguno que sirva para elevarlas, sino simplemente á mano; por esta razon no pasa nunca de $2\frac{1}{2}$ á 3 metros.

Estos montones suelen tener de 5.000 á 50.000 kilogramos; y al volúmen que corresponde se arreglan las dimensiones de la base, puesto que la altura no varía sino entre límites muy cortos. En el Bajo Harz, donde se calcinan por este método grandes cantidades de mineral de cobre, se forman para ello montones, cuya forma es un tronco de pirámide de base cuadrada, que tiene 9 metros de lado en la parte inferior y 3 en la superior; en el centro hay una chimenea hecha con tablas, y contra la cual se apoyan los trozos gruesos. Como á consecuencia de la gran corriente de aire que por este punto pasa, la temperatura es la más elevada que en el monton existe, se aglutinan un poco estos trozos, y cuando las tablas se han que-

mado, no hay ya peligro de que las menas caigan al hueco que ántes reservaban aquellas, y le obstruyan, dificultando ó impidiendo por completo la ulterior marcha de la operacion.

Formado así el monton, se cubre con una capa de tierras que se apisonan bien, con objeto de formar sobre todo él una cubierta ó costra impermeable al aire, que se llama la *camisa*, que no llega á la parte inferior, y en virtud de la cual la corriente de aire, introduciéndose unicamente por esta parte no cubierta, pasa á los canales que se han formado en ella, circula entre los huecos que dejan entre sí los trozos de mineral, y va á parar á la chimenea, produciendo de este modo una corriente que no sería posible obtener si el aire entrase por toda la superficie. En esta parte, como las tierras están rodeadas por el aire que se renueva constantemente, y por consiguiente no permite que su temperatura se eleve tanto como en el interior del monton, la calcinacion se hace más lenta, y puede conseguirse que no se adelante de un modo muy notable á la que sufren los trozos gruesos colocados en el interior.

Algunos montones, cuyas dimensiones son más pequeñas que los ántes citados, y que por consiguiente se hacen y se deshacen con más frecuencia, tienen en el centro una chimenea

hecha de mampostería, generalmente de ladrillos, dispuesta de tal modo, que ofreciendo la estabilidad necesaria, dé acceso al aire por la parte inferior, dirigiendo la corriente y produciendo el tiro por la parte alta. Para conseguir este objeto se colocan los ladrillos dejando huecos en la parte baja, y unidos unos á otros en la parte que ha de quedar fuera del monton. Así se consigue una gran regularidad en la combustion de los montones y se evita el construir una chimenea que se destruye en cada operacion, y que si no está hecha con cuidado, puede obstruirse más tarde y dar lugar á que el monton se apague ántes de lo que deba.

Muchas veces el movimiento que ocasiona en los montones la desaparicion del combustible, colocado en la parte inferior, hace que parte de las menas rueden ó resbalen por las paredes inclinadas del mismo y caigan á alguna distancia, quedando por consiguiente sin calcinar; en este caso conviene recogerlas y formar con ellas una capa encima del monton, cuando ya no hay cuidado de que los movimientos producidos puedan volver á ocasionar su caída. Tambien en algunas ocasiones se carga nueva cantidad de mineral sobre el monton despues que ya está encendido.

Sucede con frecuencia que el movimiento de

los montones resquebraja la cubierta, y da lugar á que los gases salgan por las fisuras, alterando la regularidad de la combustion. Cuando se observa esto, deben taparse cuidadosamente con nuevas tierras las grietas formadas, á fin de que toda la corriente gaseosa se dirija á la chimenea.

En Riotinto se da á los montones el nombre de *teleras*. Para construirlos se empieza por extender sobre el área donde ha de formarse el monton, una capa de las tierras y menudos que se producen al partir el mineral, y que tiene próximamente unos 10 centímetros de altura: sobre ésta se coloca otra capa de ramaje que se llama *enchascado* cuyos haces se ponen de manera que queden perpendiculares á los lados de la base del monton; se le da generalmente un metro de altura, en atencion á la naturaleza del combustible, que ocupa mucho espacio. Sobre la leña se hace el monton con trozos que no deben pasar del tamaño de un puño, que es el más conveniente para que la calcinacion penetre hasta el centro.

Las dimensiones de las teleras dependen en general del espacio disponible para construir las; y aún su forma varía segun la inclinacion del mismo, que no se prepara con esmero en esta localidad; pero por punto general puede decirse

que sus dimensiones son de 5 metros de anchura por 12 de longitud, y su altura $2\frac{1}{2}$ metros. En el centro se deja la chimenea, que se rellena de haces de ramaje atados con cuerdas, y puestos de pié unos sobre otros; formándose de esta manera lo que se llama la *mecha*, que sobresale 40 ó 50 centímetros por cima del monton y que sirve para prenderle. Despues se pone la camisa, y cuando está concluido el monton se le da fuego.

A consecuencia del gran movimiento que se origina en la telera cuando va desapareciendo el combustible, que ocupa una altura tan considerable al hacerla, se desprenden gran cantidad de trozos de mineral que ruedan por los lados y van á caer al suelo: éstos se recogen, y cuando el monton ha hecho su asiento definitivo, se colocan en la parte alta, constituyendo con ellos lo que se llama la *capa*. La base superior de la pirámide se llama la *corona*; y las dos caras inclinadas más pequeñas, las *cabezas*.

Cuando las menas contienen en sí mismas sustancias combustibles, como sucede en el caso de calcinarse piritas de cobre con mucho azufre, pizarras betuminosas, etc., basta para que la calcinacion se verifique, colocar la capa de combustible de que se ha hecho mérito, pero cuando no existen esas sustancias es nece-

sario intercalar en la masa del mineral algun que otro lecho de combustible, que generalmente es tambien leña ó ramaje, y en algunas ocasiones carbon, ó carbonilla de la recogida en el cenicero de los hogares.

Una vez construidos los montones se les da fuego, procurando que éste se comunique al principio á la capa de combustible inferior; y despues se les deja abandonados á sí propios, cuidando únicamente de regularizar el tiro, si se ve que arden con desigualdad. Para esto se hacen agujeros en la camisa en los puntos en donde se nota que la combustion se retrasa, á fin de llamar hácia ellos el tiro; y se tapan cuidadosamente todas las grietas, y se ponen algunas espuestas de tierra en la parte baja correspondientes á aquellos otros puntos en que la combustion es demasiado activa.

El tiempo necesario para que un monton se pueda considerar como encendido, es decir, para que se encuentre en combustion toda la capa inferior de combustible, así como la duracion total de la calcinacion, varía mucho segun las influencias atmosféricas son unas ú otras. Por punto general, las lluvias retardan una y otra operacion y los vientos las activan; y esta accion sobre todo, es tan enérgica, que en muchos puntos se construyen muros de más altura que

los montones, por el lado de donde soplan los vientos más comunes en la localidad, á fin de prevenir la aceleracion que estos producen en las calcinaciones. Pueden señalarse como límites extremos del tiempo empleado para encender un monton doce á catorce horas cuando el tiempo favorece, es decir, cuando está seco y hace viento; y dos ó tres días en las circunstancias contrarias, es decir, cuando llueve.

La duracion de una calcinacion es sumamente variable, y depende además de las condiciones atmosféricas de la naturaleza de los minerales y del tamaño de los montones. Hay algunos pequeños en los que se han calcinado por completo las menas al cabo de seis ú ocho días, y hay otros, como las grandes teleras de Rio-tinto, en los cuales dura una calcinacion nueve meses por término médio.

La naturaleza de las menas influye, como se ha dicho, poderosamente en la duracion de la calcinacion, y tambien en el consumo de combustible; pero en este último influyen tambien mucho las dimensiones del monton: los grandes consumen mucho ménos combustible que los pequeños.

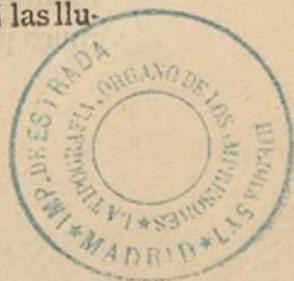
Cualquiera que sea el tiempo que tarde en verificarse la operacion, llega un momento en que cesan de salir por la chimenea humos per.

ceptibles á la vista y gases de mal olor, y en que la temperatura del monton empieza á disminuir, lo cual indica que ha terminado por completo la combustion en el interior. En este caso se procede á deshacerle, para lo cual es necesario casi siempre emplear picos, porque los trozos de mineral, sin haberse fundido por completo, se han adherido fuertemente entre sí. Una vez deshecho el monton, se procede á separar los trozos bien calcinados de los que no lo están, lo cual generalmente no presenta dificultad, porque es siempre muy notable y completo el cambio de caracteres entre el mineral crudo y el mineral calcinado. Cuando se trata de piritas se presentan muy deleznales las bien calcinadas y resistentes las que no lo están, de manera que la separacion se hace fácilmente por medio de zarzos.

Los trozos mal calcinados se destinan á sufrir otra operacion en montones que naturalmente son siempre muy pequeños relativamente á los primitivos. Estos segundos montones por lo comun, se hacen de base rectangular, y están casi siempre bajo lijeros cobertizos que los preservan de la lluvia, condicion muy importante, sobre todo en el caso de calcinarse piritas cobrizas, porque produciéndose en este caso una combinacion de cobre soluble en agua, si las llu-

METALÚRGIA.

8



vias actuan directamente sobre el monton, no sólo influirán perjudicialmente en la operacion retardándola, sino que disolverán parte de la sal formada, y la arrastrarán consigo, originando grandes pérdidas.

Cuando las menas que se calcinan son muy ricas en azufre puede obtenerse de ellas alguna cantidad de este cuerpo por medio de disposiciones que se indicarán más adelante al tratar de su beneficio.

Plazas muradas.—Las plazas muradas consisten en espacios limitados por tres ó cuatro muros, en cuyo interior y sobre un suelo plano, horizontal unas veces é inclinado otras, se han de hacer los montones de calcinacion. Dichos espacios están construidos en casi todos los casos como indica la figura 1.^a, á uno ó á ambos lados de un muro *G* general y comun á varias plazas, y en el que se apoyan otros muros perpendiculares al mismo *M M M*, que limitan las plazas *P P P*, y que sirven naturalmente para dos á la vez. Con esta disposicion se consigue el objeto deseado de encerrar el monton entre muros, y se aminora considerablemente el número de éstos. La altura que se les da es generalmente más pequeña de la que debe tener el monton y es raro que estén cerrados por un muro paralelo al general en que se apoyan todas

las plazas. Cuando esto sucede, el cuarto muro no es completo, sino que deja una abertura por la cual pueden entrar cómodamente las carretillas de mineral que sirven para hacer el monton.

El muro general suele tener una altura de 1 metro á 1,^m20; los perpendiculares son más bajos; en la trasera, ó sea en su union con el otro, tienen 80 centímetros, y en la delantera no pasan generalmente de 50. Cada una de estas plazas puede contener unos 50 quintales métricos de mineral ó de mata.

Otras veces, especialmente cuando se han de construir cobertizos sobre las plazas, se colocan éstas de manera que formen dos series á ambos lados de una calle central, y en este caso los muros generales de cada serie y los perpendiculares á ellos forman un recinto que sólo se interrumpe en los lados más cortos por pequeñas aberturas que se dejan á uno y otro extremo de la calle central, y que sirven para dar acceso á los wagoes ó carretillas que han de introducir las cargas. En este caso, conviene practicar en los muros largos del recinto aberturas que corresponden una á cada plaza y por medio de las cuales se puede arreglar el tiro.

Otra disposicion adoptada para las plazas muradas en alguna localidad de Alemania es la que aparece en la fig. 2.^a Consiste en cerrar con

cuatro muros de 80 centímetros de espesor y 2 metros de altura un espacio rectangular, que tiene en la parte interior unos 9 metros de largo por 4, ^m50 de ancho. El piso de este espacio no es llano, sino que presenta la forma de dos planos *PP* inclinados á 10°, de 3, ^m70 de longitud, que se reunen en la parte central, que es la más alta, por medio de otro plano horizontal, *H*. Los muros largos tienen aberturas *AA* que permiten penetrar en el interior por la parte alta para hacer la carga. En los muros correspondientes á la parte más baja de la plaza existen unas bovedillas *BBB* que distan entre sí 14 ó 16 centímetros, divididas en dos partes por medio de una regilla horizontal, en la cual se pone fuego para iniciar la combustion.

Tambien se construyen plazas enteramente circuidas por cuatro muros, de los cuales sólo falta un pequeño trozo que permite la entrada, y cuyo hueco se tabica cada vez que se hace la carga.

En éstas el piso es unas veces llano y otras está formado de una porcion de planos inclinados *PP*, como se ve en la fig. 3.^a, y en todas ellas existen á diferentes alturas orificios *OO* que se pueden cerrar ó abrir á voluntad y que sirven para arreglar el tiro. Las dimensiones de estos aparatos varían bastante en longitud y

anchura; pero las alturas oscilan entre límites muy próximos por una razon análoga á la que se indicó al hablar de los montones. Generalmente tienen de 2 á 3 metros, y cuando son más bajas es porque los montones que se colocan en el interior sobresalen del recinto murado. La longitud es de 8 á 17 metros, y la anchura, que á veces no excede de 75 centímetros, en el interior llega otras á 4 y 6 metros. Cuando son muy estrechas, no hay necesidad de dejar el espacio sin cerrar completamente para hacer la carga. Esta se verifica por la parte alta, aprovechando un escarpe del terreno, y por la parte baja se sacan las menas calcinadas por medio de una serie de puertas colocadas unas frente á otras.

Por último, existen algunas plazas usadas en los Estados-Unidos, cuyo espacio está dividido en dos partes por medio de una rejilla horizontal, sobre la que se coloca la carga, y que tienen tambien en el muro posterior un tragante para dar salida á los productos de la calcinacion. Son de 2,^m50 de longitud, y 1,40 de anchura, y su elevacion es de 2 metros por cima de la rejilla, y 62 centímetros por debajo de ella.

Tambien en la provincia de Huelva existen plazas de calcinacion, colocadas bajo fuertes

cobertizos, en las cuales el muro centra' es muy grueso, y se halla atravesado por canales, en los que se reune por medio de pequeños conductos comunicados con las plazas, el gas que se desprende de la calcinacion y que lleva en su masa bastante vapor de azufre, aprovechable condensándole convenientemente; pero estos aparatos, como asimismo los usados para calcinar las bolas de cemento en Riotinto y algunos otros, no se pueden considerar como verdaderas plazas muradas, y más bien deben colocarse entre los hornos.

En todos los casos en que se emplean plazas muradas para la calcinacion, se empieza por colocar sobre su piso, ó sobre una capa delgada de mineral en polvo, como se hace en el caso de los montones al aire libre, una capa más ó ménos gruesa de combustible, que por lo comun es leña rajada ó ramaje y algunas veces carbon de piedra: encima de esta se pone el mineral, pero ya de un modo diferente á como se ponía en los montones, porque aquí el grueso y el menudo se colocan en capas alternantes, y alguna vez se intercala tambien, á la mitad próximamente de la altura, otro lecho de combustible más delgado que el de la parte inferior. Si el monton no es más alto que los muros que lo circuyen, basta para terminarle colocar en

su cara superior una capa de tierras del mineral cuyo espesor es de 20 á 40 centímetros. Si el mineral sobresale de los muros, se recubre con una camisa de tierras, no sólo la cara superior, sino las laterales desde los muros arriba. Una vez terminada la carga se tabica la delantera ó el hueco que existe en ella por donde se ha hecho.

Cuando en las plazas hay hogares, como sucede en las representadas en la fig. 2.^a, se ponen los trozos grandes de mata, que tienen una forma chata y se prestan bien para ello, formando una especie de encobijado, en esta forma Λ , desde cada uno de los hogares hácia la parte alta, y el interior de los conductos construidos de esta manera se rellena de cok. La mucha temperatura á que las matas se hallan expuestas en estos puntos, las ablanda y las hace adherirse unas á otras, de modo que resisten bien el trabajo de deshacer los montones, y sirven para várias operaciones consecutivas. Encima de los canales se carga un lecho de leña rajada y cok mezclados, y sobre éste el monton de mineral, que rebasa los muros, cubierto con una camisa de tierras. Preparado el monton, se enciende fuego en los hogares, y por el cok que existe en los conductos formados con los trozos de mata, se propaga al monton en 13 ó 16 ho-

ras. La calcinacion de las matas dura de 8 á 10 semanas.

En algunas ocasiones se hace la operacion de una manera contínua; pero es necesario que los minerales lleven en sí el combustible; así se verifica en alguna localidad de Sajonia, donde las plazas muradas, formadas de cuatro paredes muy gruesas y enteramente cerradas por ellas, reciben por la parte superior la carga, formada de pizarras cargadas de betun, que arden por sí mismas sin necesidad de agregarlas ningun otro combustible. Las plazas tienen 8 metros de longitud, 2,^m50 de altura y sólo 75 centímetros de ancho. En la parte baja de cada uno de los muros largos hay 12 puertas, y encima, hasta la mitad de la altura, tres filas de ventanillas colocadas al tresbolillo, y que pueden taparse por medio de ladrillos cuando sea preciso hacerlo para dirigir la combustion convenientemente.

A medida que la operacion se va haciendo se saca el mineral calcinado por las puertas inferiores, y se va reemplazando por otro crudo que se echa por arriba.

Si las plazas tienen una rejilla, se carga el monton sobre ella como en las ordinarias, empezando por una capa de combustible, y luego se enciende poniendo algunos haces de monte bajo en la parte inferior de la rejilla.

Las plazas muradas permiten hacer una calcinacion más completa y más regular que los montones al aire libre, porque es más fácil arreglar el tiro en ellas, hay ménos pérdidas de calor, y pueden aprovechar más fácilmente algunos productos volátiles; pero en cambio la carga y la descarga son más difíciles, y por lo tanto, más costosas; necesitan reparaciones que en los montones no existen, y por regla general no se prestan tampoco, como aquellos, á una operacion continúa.

Uno y otro método sólo tienen un empleo conveniente en el caso de que los minerales necesiten para calcinarse muy poco combustible, no puedan perder la propiedad adquirida aunque se les mantenga mucho tiempo en las mismas condiciones y tengan una pequeña riqueza: cuando éstas circunstancias no se reúnen, es preferible calcinar las menas en hornos.

Algunas, aunque ya muy raras veces, en lugar de hacerse plazas muradas en la superficie del terreno, se practican en él cavidades en las cuales se coloca el mineral: en este caso se debe procurar que el terreno sea bien seco y no muy compacto, y en lugar de hacerlas en un suelo llano, se busca un escarpe producido por la misma configuracion del terreno, ó por algun vaciadero de escorias, practicando á veces

canales para el tiro. Uno de los lados se deja al descubierto para cargar, y luégo se tabica como en el caso de las plazas muradas.

Tambien en algunas ocasiones se usan unos espacios parecidos á las plazas muradas, para obtener la licuacion de ciertos metales, manteniendo otros en estado sólido. Cuando una aleacion de cobre, plomo y plata se somete á una temperatura superior á 320° , á la cual se funde el plomo, é inferior á la de 1200° á que se funde el cobre, se liquida la mayor parte del plomo, arrastrando una cortísima cantidad de cobre y casi toda la plata, y queda la mayor parte del cobre con un poco de plomo. El aparato es el representado en la figura 4.^a Sobre dos muros de mampostería *AA* descansan en posicion inclinada dos planchas de hierro colado *HH*, que casi se juntan por la parte inferior. Entre ellas el terreno forma una reguera que inclina hácia un recipiente *R*. Sobre las planchas *HH* se coloca la aleacion en discos de poco grueso, que se llaman *panes*, poniendo entre ellos leña, carbon y monte bajo; y luégo se cubre el todo con unas planchas de palastro. Despues se colocan en el intermedio entre los muros *AA*, algunos haces de ramaje encendidos, y al cabo de poco tiempo empieza á gotear el plomo.

Tambien se emplean en Sajonia unos aparatos

tos parecidos para refinar el estaño, que se vierte fundido sobre una capa de cenizas y esorias que se colocan sobre las planchas de hierro inclinadas. La parte más pura continúa líquida y corre al depósito; la más impura, solidificándose, queda entre las cenizas.

Ni uno ni otro de estos aparatos corresponden en realidad á las plazas muradas; pero como tienen con ellas alguna analogía y no pueden clasificarse con ninguna otra clase de aparatos, parece lo más oportuno ocuparse de ellos como una variedad que se aproxima á las plazas muradas.

II.

HORNOS.

Division de los hornos.—Los hornos son indudablemente los más importantes de los aparatos metalúrgicos; y requieren un estudio más detenido que los mencionados hasta ahora. Según el modo con que el combustible que en ellos se coloca actúa sobre los minerales, pueden dividirse en tres clases:

- 1.^a Aquellos en que el combustible está mezclado con el mineral, ó alternando en él en capas; estos se llaman *hornos de cuba*.
- 2.^a Aquellos en que el combustible se en-

cuentra en un espacio especial, separado de las menas, sobre las cuales no actúa, por consiguiente, sino en virtud del calor que desprende y de la corriente gaseosa que pasa por cima de la superficie de aquellas.

Estos son los hornos que se llaman de *reverbero*, porque se creyó en un principio que reverberaban ó reflejaban el calor sobre los minerales; y aunque posteriormente se ha visto que no es así, y que en estos hornos el único efecto que se produce es obligar á las llamas á pasar por cima del mineral colocado en una capa horizontal de poco espesor al lado del espacio en que el combustible se quema, se les ha conservado su primitivo nombre.

3.^a Aquellos en que no sólo está el combustible separado del mineral, sino que éste se encuentra encerrado en vasijas; de manera, que ni el combustible mismo, ni sus productos gaseosos, ó sean las llamas, pueden ejercer acción alguna sobre él, limitándose las composiciones y descomposiciones que pueda experimentar á las producidas por la acción de la temperatura y de las materias que con las menas se han mezclado en las citadas vasijas. Estos son los conocidos con el nombre de *hornos de vasijas ó de crisoles*.

Hornos de cuba.—Los hornos de cuba, cuyo

tipo general está representado en corte en la figura 5.^a, constan de un espacio *C*, generalmente de no muy grandes dimensiones, y casi siempre más alto que ancho y largo, encerrado por muros cuya forma varía, según el objeto á que se aplican. Este espacio se llama la *cuba* del horno. Unas veces son todos ellos de mampostería, refractaria en la parte interior y ordinaria en la exterior; y otras, en vez de ser esta última parte de mampostería, es de hierro colado ó de chapas de hierro dulce. La primera disposición, es decir, aquella en que todo el horno se hace de mampostería, conviene cuando se trata no sólo de sostener la *camisa* ó parte interna del aparato, sino también de evitar en lo posible que se pierda calor por radiación; y en este caso, como ya se ha dicho anteriormente, se debe dejar entre ambas mamposterías un espacio que se rellena de escorias trituradas ó de otro material que conduzca mal el calor.

Los hornos de hierro por la parte exterior tienen un excelente uso en los casos en que sólo se trata de sostener la *camisa*, y conviene refrescar las paredes para evitar que lleguen á fundirse; y este objeto se consigue más fácilmente haciendo que las paredes por la parte exterior estén constantemente mojadas por una capa de agua.

La forma del espacio interior y la seccion horizontal del horno varian muchísimo. Los hay que tienen la forma de un prisma ó de un tronco de pirámide, cuya base es cuadrada, rectangular ó trapecial; los hay que afectan la forma de dos conos, el superior directo y el inferior inverso, unidos por sus bases mayores, ó la análoga de una cuba; y entónces son de seccion circular (y sin duda fué ésta la forma primitiva y la que les dió nombre); otros presentan seccion elíptica, ovalada, etc., y hay algunos que son cubas de seccion circular, cortadas por un plano vertical.

La pared, ó la parte del horno *D*, que está situada por el lado donde trabajan los obreros, se llama *pecho* ó *delantera*; la parte opuesta *T trasera*, y las otras dos *costados laterales*. La *longitud* ó *profundidad* de los hornos de cuba se mide por la distancia que media entre la trasera y el pecho; su anchura por la que hay entre ambos costados laterales, y su altura por la vertical entre la parte superior de los muros que los circundan y el piso interior del aparato.

En algunos hornos especiales, cada una de las caras interiores tienen su nombre particular, pero esto no se aplica á todos los hornos, y por consiguiente, esos nombres se indicarán en la Metalurgia especial cuando se describan de-

talladamente esos aparatos y las operaciones que en ellos se verifican.

Los hornos comunican con el exterior por varias aberturas de mayores ó menores dimensiones, y colocadas en diferentes sitios.

En la parte más alta del horno hay una por donde se introducen los minerales, el combustible y los fundentes, cuya seccion en general, aunque no siempre, es más pequeña que la del resto del horno. Esta abertura *M* recibe el nombre de *tragante*.

Por la parte inferior hay otras aberturas, que en los hornos dedicados á la fusion son mucho más pequeñas que el tragante, y cuyo objeto es dar salida á las materias líquidas. En los hornos de calcinacion son naturalmente mucho mayores. Excusado es decir que los productos gaseosos salen por el tragante si éste se encuentra abierto; y si está cerrado por orificios ó canales construidos ex-profeso en lo más elevado de la mampostería, que los conducen en unas ocasiones á cámaras de condensacion y en otras á hogares, donde se queman las materias combustibles que aún llevan en bastante cantidad.

Dos orificios existen en los hornos de fusion para la salida de las materias líquidas: uno se encuentra colocado á cierto nivel sobre el piso ó

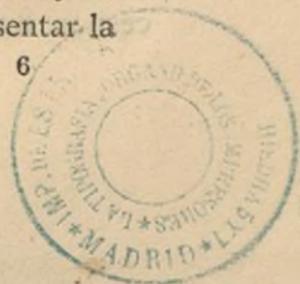
plaza del horno; suele ser de bastante extension horizontal y de poca altura, y se llama *bigote*. Su objeto es dar salida á las escorias que sobrenadan en el baño líquido de metal, de *spais* ó de mata que existe en el interior, las cuales alcanzan pronto esta elevacion y salen al exterior, mientras las materias beneficiables, en virtud de su mayor peso especifico, van reuniéndose en la parte inferior *K*, que se designa con el nombre de *crisol*; el fondo del crisol es lo que se llama la *plaza*. En su punto más bajo existe otro orificio, cerrado casi siempre mientras la fundicion se verifica, con un tapon de arcilla refractaria, de carbonilla, etc., que se llama la *piquera*. Este agujero se abre de tiempo en tiempo, rompiendo el tapon que le obstruye, para dar salida al metal ó á la mata cuando estos productos llenan el crisol y empiezan á presentarse en el bigote. La operacion de *romper la piqueta* y dar salida al metal se llama la *sangría*.

Algunos hornos de cuba son de mayores dimensiones en la plaza que en el resto de la cuba, y en este caso la pared anterior no puede llegar al fondo, sino que se queda á cierta altura, como indica la figura 5.^a, dejando un hueco vertical hasta el fondo del crisol, y un espacio horizontal *A* en la delantera, que se limita por un murete *H*, un poco más alto que la dis-

tancia entre el final de la delantera y la plaza, que cierra así el espacio donde se han de reunir las materias flúidas á una distancia más ó ménos grande de la parte posterior del horno. La parte del crisol *A*, que por esta disposicion queda fuera de la vertical de la delantera, se llama el *antecrisol*, y en el caso de que exista, sustituye naturalmente al bigote. El muro *H* que le termina, se llama *dama*, y la parte inferior de la delantera que queda al aire, y que es casi siempre una pieza de hierro colado, ó una barra ó plancha de hierro dulce, se llama *timpa*.

Estos hornos se llaman de *pecho abierto*, y en ellos la piquera existe siempre en el antecrisol.

Los hornos que no son para fundir, sino para calcinar, no necesitan tener en la parte inferior más que una abertura ó dos colocadas simétricamente para dar salida á las sustancias despues que se han calcinado en ellos. Su disposicion más frecuente es presentarse como unas puertas que, al mismo tiempo que para el objeto indicado, sirven para dar entrada al aire necesario á la combustion; por este motivo no se cierran, ni con tabiques de mampostería, ni con chapas de hierro, sino únicamente con la misma carga de mineral calcinado que afluye á ellas. En este caso la plaza suele presentar la



forma de dos planos inclinados, formando una Λ , cuyas pendientes se dirigen hácia las puertas. Algunos de estos hornos modernos tienen orificios en diferentes partes de la altura y todo alrededor para dar entrada al aire.

Tambien se construyen algunos hornos de calcinacion con una rejilla horizontal en la parte baja; y en este caso lo más comun es que no tengan puertas, sino que las barras de la rejilla sean movibles para poder quitarlas todas ellas, ó una parte al ménos, y dar salida á la porcion de carga que está ya bastante calcinada.

Esta clase de hornos no necesita corriente forzada de viento, porque en ellos la temperatura no ha de ser muy elevada, relativamente á la que debe obtenerse en los hornos de fusion; y aún así no pueden calcinarse, sino con muchas precauciones, los sulfuros y todas aquellas menas que se funden fácilmente. Casi siempre se destinan á menas de hierro, á calaminas ó carbonatos de zinc, á la fabricacion de cal y á otras operaciones análogas.

Los hornos de fusion, hallándose casi completamente cerrados por la parte baja, puesto que sólo queda abierto el bigote y ese está obstruido constantemente por la salida de las escorias, necesitan tener algunas otras aberturas que per-

mitan la introduccion del aire preciso para que la combustion sea lo más rápida y lo más completa posible, á fin de que se eleve mucho la temperatura, que en algunas ocasiones llega á 1.400 ó 1.500 grados. Estas aberturas *R*, que se llaman *toberas*, son en número muy variable, y tambien se hallan colocadas de muy diferente manera, aunque siempre en posicion casi perpendicular á la parte del horno en que se hallan practicadas. En algunos, hay una sola, y en este caso, siempre está colocada en la trasera; en otros hay dos, tres y hasta cuatro, colocadas en esta misma pared; pero es más comun que cuando existen dos estén en los costados laterales; cuando hay tres, una en la trasera y dos en los costados, y cuando hay más, repartidas uniformemente en la circunferencia del horno, que en caso de tener más de tres toberas, es casi siempre de seccion circular. La parte más estrecha de las toberas, que es la que mira al interior del horno, se llama el *ojo*. En las dimensiones y la forma de este hay grandes variaciones; unas veces es rectangular apaisado, otras circular, otras de forma de medio punto: y en general sus dimensiones son tales, que la seccion que presenta llega á unos 15 ó 20 centímetros cuadrados. En algunos hornos en que la presion del viento es débil, las hay de 20 y 22

centímetros de diámetro, es decir, de 300 á 380 centímetros cuadrados.

La altura á que se colocan depende de la cantidad de materias fundidas que el horno ha de contener; en algunos en que la forma de la plaza es muy inclinada, y en que, por lo tanto, á medida que las menas se funden, la mata ó el metal y las escorias salen mezclados á un recipiente exterior, donde se separan por órden de sus densidades, pueden estar inmediatamente sobre la parte más alta de la plaza; en aquellos en que la materia beneficiable ha de permanecer líquida durante algun tiempo en el horno, se necesita colocarlas á bastante altura para que la corriente de viento que por ellas entra no la oxide. Pueden asignarse como límites ordinarios de 30 á 60 cents., aunque en casos especiales hay más ó menos: á medida que aumenta el número de toberas se colocan tambien más altas sobre la plaza del horno.

El descenso de las cargas en estos hornos se hace cuando están fundidas con mucha mayor rapidez que mientras se mantienen sólidas, y por consiguiente se procura, en los hornos de dimensiones bastante grandes, estrecharlos por la parte inferior, desde aquella altura á que empieza la fusion de las menas, para que pueda llegar á esta parte una cantidad mayor de ma-

teria, siendo la seccion superior más ancha, y al mismo tiempo para que la fusion sea más fácil en un espacio más restringido, donde, segun se indicará poco más adelante, el combustible arde más completamente y con mayor intensidad.

Este estrechamiento del horno se llama *la obra*, y en él es donde se obtiene la mayor temperatura, y por lo tanto la zona en que la fusion es más completa. En su parte superior es donde se encuentran las toberas; en los hornos de ante-crisol, una vez fundidas las materias, se extienden por toda la superficie de éste, en lo cual no hay ya inconveniente, porque una vez verificada la fusion y las reacciones que la acompañan, ya no hace falta una temperatura tan elevada para mantenerlas líquidas.

Las partes de la mampostería del horno que se encuentran alrededor de la obra son las que sufren un calor más fuerte, sobre todo en los hornos altos para el hierro colado, en que las temperaturas obtenidas llegan á un grado muy alto. Para evitar su deterioro, se incrustan entre los materiales, al construir el horno, cajas de hierro con salidas al exterior, por las cuales se hace correr agua fria; y manteniéndose de este modo á una temperatura más baja, se corroyen ménos por la accion de las escorias. La pared

delantera ó pecho del horno, cuando no llega hasta la parte inferior se apoya, como ya se ha dicho, sobre barras y planchas de hierro dulce ó sobre una pieza de hierro colado, que constituyen lo que se llama la *timpa*. Cuando es de hierro colado se hace tambien hueca y de circulación de agua.

Las paredes de la obra se hacen modernamente muy delgadas, quedando reducidas á la parte de materiales refractarios: y en algunos casos esta zona de los hornos, que es la que sufre más calor, se construye de hierro, cubriéndola de una capa de agua que corre constantemente sobre ella.

En los aparatos modernos, en los cuales se emplean mayor número de toberas que en los antiguos, distribuyéndolas, como se ha dicho, uniformemente en la circunferencia, están colocadas todas á una misma altura, y ó se colocan horizontales ó tienen una lijera inclinacion hácia el centro de la plaza. En algun caso muy especial, como el horno universal del general Raschette, están colocadas en las paredes opuestas de un horno de seccion rectangular, sobre una línea quebrada en forma de \wedge muy abierta, y de tal modo, que las de un lado corresponden precisamente á los intermedios del otro. Tambien se verifica esta última circuns tancia en el

horno ideado para fundir el cobre por el malogrado ingeniero español D. Eloy Cossio, cuyo aparato tiene bastante analogía con el citado antes.

A medida que aumenta la seccion horizontal de un horno, aumenta naturalmente su produccion, puesto que se funde á la vez una capa más extensa de sustancias: y á medida que se eleva la altura, se aprovecha mejor el calor, porque los productos de la combustion salen más frios. Por ambas razones se ha procurado aumentar el hueco del horno aumentando el diámetro y la altura; pero los hornos de gran diámetro y seccion circular presentan el inconveniente de que el combustible no se quema por completo en el centro del aparato, porque los dardos de viento que se introducen por las toberas no llegan bien á este punto. Para obviar este inconveniente se han construido en estos últimos años algunos hornos como el del general Raschette que acaba de mencionarse, en los cuales se ha desechado la seccion circular, adoptando una rectangular, que generalmente es bastante estrecha relativamente á la longitud. Así se consigue mantener una seccion de mucha superficie, y colocando las toberas en los lados largos, permitir que el viento pueda obrar perfectamente, sobre todo el carbon que se encuentra enfrente de cada tobera.

Respecto al aumento de la altura, debe tenerse en cuenta que á medida que esta crece, el esfuerzo que necesita desplegar el viento para atravesar la carga en sentido vertical es mucho mayor; especialmente si las sustancias introducidas en la cuba son de poco tamaño, y por lo tanto dejan entre sí pequeños intersticios. Sin embargo, en el dia en que se obtienen baratas presiones de viento considerables, y en que al mismo tiempo conviene aprovechar el combustible en la mayor medida que sea dable, se eleva mucho esta dimension en los hornos todos, y más especialmente en los destinados á obtener hierro colado, que son sin duda alguna los más importantes de este género de aparatos.

En todos casos, las toberas son huecos practicados en la pared del horno, que unas veces no tienen revestimiento alguno especial y están constituidas por la misma mampostería, otras tienen como revestimiento una plancha de cobre, arrollada formando una especie de embudo, y otras verdaderos conos de cobre, de bronce, de hierro dulce ó de hierro colado, cuya forma se adapta á la del hueco, siendo frecuente que tengan la parte inferior plana y la superior abovedada, para que se apliquen mejor á la mampostería. Cuando el aire ha de inyectarse caliente, se hacen de paredes dobles, por entre

las cuales circula una corriente de agua fria, para evitar que puedan fundirse. A fin de poder examinarlas con facilidad tienen mucho mayores dimensiones por la parte exterior que por la interior del horno, es decir, que forman una especie de embudo, como aparece en la figura 5.^a

Casi siempre en la parte inferior de los hornos se construye un macizo de *brasca* bien apisonada, en la cual se practica una cavidad que sirve de crisol: otras veces se tapiza con el mismo material el fondo y la parte inferior de las paredes, y en muchos casos el macizo de *brasca* es mucho mayor que la planta ó seccion horizontal del horno, y en la parte que queda fuera de él se practican uno ó más receptáculos que comunican con el crisol ó el antecrisol por medio de una ó más piqueras, y que se llaman *repositores*. Cuando en un horno hay dos *repositores* colocados simétricamente delante del pecho y á poca distancia del crisol, se da al horno el nombre especial de horno *de anteojos*.

Las materias fundidas se dirigen en esta clase de hornos alternativamente á uno y otro de los *repositores*, para dar lugar á que en ellos se verifique más completamente por órden de sus pesos específicos, la separacion de unas y otras; pero es indispensable para esto que los

productos de que se trata sean bastante fusibles: de otro modo se separan mal, porque fuera del horno se enfrían demasiado pronto.

Delante del bigote ó del punto del antecrisol por donde salen las escorias, se construye un plano inclinado, que unas veces es de brasca y otras de materiales refractarios, por donde aquellas corren hasta que su temperatura no es bastante á mantenerlas líquidas: entónces los obreros las enfrían rociándolas con agua, las rompen en trozos y las llevan fuera del taller á los vaciaderos donde se arrojan, ó á los almacenes en que se guardan si deben someterse á operaciones ulteriores. bien como fundentes, bien para aprovechar la sustancia beneficiable que aún pueden contener. Este plano inclinado se llama la *meseta*.

Los hornos de cuba se dividen relativamente á su altura en hornos *bajos*, *semi-altos* y *altos*. Se llaman hornos bajos aquellos que desde la plaza al cargadero no tienen más de 2 metros; semi-altos aquellos en que esta distancia varía de 2 á 6 ó 7 metros; y altos desde esta dimensión en adelante: en el día se construyen hornos altos para el beneficio de los minerales de hierro, que en España llegan á 17 metros de elevación, y en algunos puntos de Inglaterra á 30 metros; pero estas grandes alturas solo pueden

alcanzarse en circunstancias especiales, porque si los minerales son terrosos ó los carbones quebradizos, las cargas quedan reducidas en el interior á trozos demasiado pequeños, que oponen, como ya se ha dicho, mucha resistencia al paso del aire, por los pocos intersticios que dejan entre sí.

Forjas.—Hay una clase especial de hornos bajos que merece decir algunas palabras acerca de ella. Es la que se conoce con el nombre de *hogares*, ó mejor, de *forjas*. Son sencillamente huecos de poca profundidad (15 á 60 centímetros), cuya seccion horizontal es generalmente un semicírculo ó una semielipse, de 20 centímetros á más de un metro de diámetro y que están practicados en un macizo de brasca, colocado unas veces al nivel del suelo y otras entre cuatro muretes de 60 á 80 centímetros de altura. Su carácter más esencial es el de tener una tobera (algunas veces dos), colocada en la parte más alta del aparato y fuertemente inclinada, de 40° a 45° . Están unidos por una de sus caras á un muro, algo más elevado que los que limitan la brasca, y á través del cual pasa la tobera. En ciertas ocasiones se elevan las paredes del aparato algunos centímetros por cima de la tobera; pero no puede decirse nunca que exista en estos aparatos

tos una verdadera *cuba*, sino que están constituidos exclusivamente por un crisol.

Actualmente se construye sobre ellos una campana de chimenea que recoge los humos y los vapores que de la forja se desprenden y los lanza á la atmósfera á bastante altura para que no molesten. Algunas veces, y sobre todo en los aparatos antiguos, no sucede esto, y se practica en el techo del taller un hueco de cuatro ó cinco metros cuadrados para este objeto. Con el fin de aprovechar todo lo posible el calor se suelen construir modernamente cubiertos por una bóveda de mampostería, en cuya parte lateral y superior existe una abertura para dar salida á los gases. Cuando no existe esa bóveda, lo cual se verifica en la totalidad de los aparatos construidos hasta hace algunos años, el combustible y el mineral ó el metal, — porque muchas veces las forjas se destinan al *afino*, en cuyo caso se las da el nombre de *copelas*, — forman un monton sobre el crisol, y para aprovechar más el calor se recubre éste con unas planchas de hierro.

En la parte inferior del crisol hay una piqueta por la cual puede darse salida á las materias fundidas; las que ño llegan á liquidarse en el interior del aparato se extraen por la parte alta.

Hornos de reverbero.—Los hornos de rever-

bero son aquellos en que el combustible se quema en una capacidad especial distinta de la que contiene las menas. Constan, como se ve en la figura 6.^a, de un *hogar H*, donde esta combustion se verifica; de un *laboratorio L*, donde se colocan las menas y los fundentes, y por último, de una *chimenea C*, que determina la corriente de aire necesaria para que el combustible arda, es decir, el tiro.

El *hogar* es un espacio rodeado por muros y dividido en dos partes sobrepuestas, por medio de una rejilla que las más veces es horizontal y algunas inclinada. La parte superior á la rejilla, que se llama propiamente el hogar, se construye de materiales por lo ménos medianamente refractarios, y está cubierta con una bóveda, comun al laboratorio del horno que sigue inmediatamente despues. En uno de sus costados termina el muro bastante más abajo de la bóveda para dar paso á las llamas. A veces en la bóveda que le cubre existe un orificio, por donde puede introducirse una corriente de aire frio que disminuye notablemente el tiro; otras veces la bóveda es seguida. Por lo comun tienen una puerta *P*, con su hoja de palastro, colocada un poco más alta que la rejilla, cuyo objeto es introducir el combustible que ha de quemarse sobre ésta; en algunas disposiciones

más modernás la carga de combustible va haciéndose á medida que se gasta de un modo automático.

Una de estas disposiciones consiste en practicar en los muros del hogar, un poco más arriba de la rejilla, una abertura que no tiene hoja con que cerrarse; en lugar de esta existe, por la parte de fuera del horno, un plano inclinado, hecho tambien de chapa de hierro fuerte, que termina en la abertura, y sobre el cual se coloca el combustible. A medida que se va gastando el que hay en la rejilla, el mismo peso del que está colocado en la chapa exterior le hace caer, y siempre queda en el hogar próximamente la misma carga. Pero este sistema no es bueno, porque ó necesita haber un espesor muy considerable de combustible, ó de lo contrario el movimiento no es bastante regular.

Por esta razon se han adoptado las rejillas inclinadas, en las cuales se remedia casi por completo este inconveniente.

La *rejilla* ó *parrilla* es, como lo indica su nombre, una serie de barras de hierro, unas veces dulces, en cuyo caso son casi siempre cuadrillos, y otras fundidas; y entónces tienen la forma que indica la figura 7.^a Siendo más gruesas por la parte alta, resulta que el espacio en-

tre una y otra es más pequeño en la superficie superior de la rejilla que en el resto y por lo tanto, que los carboncillos que pueden pasar á través de esta parte más estrecha caen decididamente y no las obstruyen, cosa que sería muy fácil en otro caso. Estas barras se apoyan por sus *cabezas C C*, en otras empotradas en la mampostería del hogar, ó en la mampostería misma.

Segun se acaba de decir, se construyen, unas veces horizontales y otras inclinadas; en el primer caso la puerta de carga debe estar colocada en uno de los lados del hogar en que se encuentran las barras de apoyo, con objeto de poder recorrer bien los intervalos entre barra y barra con un *espeton* ó *huxgon*, á fin de limpiarlos de las cenizas que pueda haber sobre ellos, y que, impidiendo la entrada del aire, retardan y entorpecen la combustion.

Cuando las rejillas son inclinadas las barras son paralelas al eje del horno de que forman parte: en el punto más alto de la rejilla está la puerta de carga, y en la parte baja, pero en la misma rejilla, hay un trozo que gira alrededor de un eje, y que, pudiendo levantarse, permite sacar las cenizas aglomeradas en aquella parte. Cuando las rejillas inclinadas han de verificar automáticamente la carga de los hornos, necesitan tener una inclinacion muy grande.

mayor de 45°; pero en otros hornos se construyen con 35, 25 y hasta 20 por 100, en cuyos casos el carbon no baja por su propio peso, y hay necesidad de empujarle de cuándo en cuándo; pero siempre el manejo de estos hogares es mucho más sencillo que el de los ordinarios, en los que necesita introducirse el combustible por la puerta, y á veces colocarle á una gran distancia, si el horno es ancho, lo cual molesta mucho por la temperatura muy elevada que los hogares tienen siempre.

Tanto las rejillas horizontales como las inclinadas, presentan el grave inconveniente de que los trozos de carbon más pequeños que el intervalo entre una y otra barra caen por este intervalo sin quemarse, y por lo tanto se pierden para aquella operacion; y aunque puedan luego recogerse y aprovecharse, todo esto representa un trabajo que se evitaria si estos trocitos se quemaran. Esta pérdida es naturalmente tanto mayor, cuanto más separadas están las barras, porque en el caso de una gran separacion, caen los pedazos más grandes, y se evita casi por completo con las llamadas *rejillas en escalones*, que aparecen dibujadas en la fig.^a 8.^a

En vez de las barras que ordinariamente constituyen la rejilla, y cuyo conjunto forma por la parte superior un plano horizontal ó inclinado,

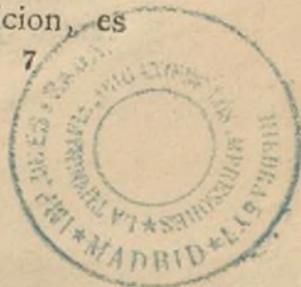
e stas otras están formadas por una serie de barras *RRR*, de forma chata y de superficie superior horizontal, colocadas formando escalones debajo de un gran embudo ó *tolva*, *T*, donde se halla cargado el combustible.

A medida que este se quema, va reemplazándole el que cae de la parte superior; pero aún cuando los trozos de carbon sean muy pequeños no salen de la rejilla, porque las barras macizas no se lo permiten. Para extraer las cenizas fundidas ó aglomeradas que produce siempre el carbon de piedra, que es el combustible para que se emplean estas rejillas, se levanta la parte baja como se ha indicado ántes.

En algunas localidades de Inglaterra se emplean en vez de rejillas las masas esponjosas que forman las cenizas aglutinadas del combustible. Este sistema tiene la gran ventaja de que, manteniéndose estas cenizas, á que se da el nombre de *craya*, á una temperatura muy elevada y teniendo que atravesarlas el aire por conductos muy estrechos, se calienta bastante ántes de llegar al combustible y permite aprovechar algunos que no podrian arder en otras circunstancias, ú obtener una temperatura más elevada con aquellos que pueden arder bien, alimentando su combustion con aire frio.

En el caso de adoptar esta disposicion, es

METALÚRGIA.



preciso de tiempo en tiempo sacar por entre las barras que sostienen la craya una porcion de ésta más ó ménos considerable, segun la rapidez con que se forma, á fin de que siempre quede próximamente á la misma altura y no ocupe parte del espacio que se reserva para el combustible.

La parte de hogar que debe ocupar este, es decir, la mayor ó menor profundidad á que debe hallarse la rejilla depende de muchas circunstancias, y más especialmente de la clase del combustible que se emplea y de la clase de productos que han de resultar: cuando se quiere que se produzcan gases combustibles, que puedan quemarse más adelante, se debe colocar la rejilla á mucha profundidad para que, atravesando el aire por una capa muy gruesa de sustancias carbonosas enrojecidas, se convierta preferentemente en un gas, que se llama óxido de carbono, que puede arder desarrollando bastante calor en el laboratorio del horno; es decir, donde puede hacer más efecto sobre las menas. Generalmente esta altura es de 15 á 30 centímetros.

Tambien depende de estas condiciones la separacion que debe existir entre las barras de las rejillas; las horizontales las tienen á una distancia que varía desde 8 á 10 centímetros en

las de máquinas de vapor que queman aglomerados en trozos grandes, ó hulla gruesa, hasta 5 y 6 milímetros que presentan las que consumen hulla menuda.

Existen también algunas rejillas que en vez de estar formadas por barras macizas, constan de medias cañas de chapa de hierro con agujeros, que presentan la convexidad hacia arriba y están bastante próximas las unas á las otras. Estas suelen tener un mecanismo por medio del cual se les puede comunicar un movimiento de vaiven para sacudir las cenizas que se adhieren á ellas.

La rapidez con que se quema el combustible y la temperatura que produce, dependen, además de la naturaleza de este y del espesor de la capa que forma sobre la rejilla, de la superficie libre que queda entre las barras, puesto que por este espacio es por donde penetra el aire preciso para la combustion.

La relacion entre la superficie libre de la rejilla y la superficie total es de $\frac{1}{3}$ á $\frac{1}{6}$. Para el carbon de piedra ó hulla se construyen de modo que tengan $\frac{1}{4}$ de superficie libre; para la leña y la turba $\frac{1}{8}$ ó $\frac{1}{7}$.

Debajo de la rejilla queda un espacio donde se reunen las cenizas ó residuos que el combustible deja, y que por esta razon se llama *cenici-*

cero. El cenicero presenta, cuando la rejilla es horizontal, la misma forma y las mismas dimensiones que esta: cuando es inclinada tiene las del hogar, sirviendo los mismos muros para formar uno y otro. Lo mismo que el hogar, tiene una puerta, con su hoja de palastro, por la cual entra en la generalidad de los casos el aire necesario á la combustion, y que por lo tanto segun que está más ó ménos cerrada, puede modificar el tiro.

Algunas veces en el piso del cenicero hay un depósito de poca altura lleno de agua, cuyo objeto es apagar los carboncillos que caen mezclados con las cenizas, que de este modo pueden luego aprovecharse.

A continuacion del hogar, segun aparece en la figura 8.^a, se encuentra el laboratorio del horno, que por la parte superior está cubierto con una bóveda que es continuacion de la que existe sobre el hogar. En ciertos casos esta bóveda tiene sus frentes hácia los lados largos del horno: es decir, que las líneas rectas que se pueden considerar en ella y que se llaman sus generatrices, son paralelas al lado menor y están colocadas á escuadra con la direccion que siguen los productos de la combustion: en otros, que son la mayoria, estas rectas son paralelas á la longitud del horno, como aparece en la

figura 8.^a La primera disposicion se dice que aprovecha mejor el calor, pero teniendo que estribar sobre el muro exterior del hogar y sobre el extremo del laboratorio, puntos entre los cuales hay muchas veces distancias de alguna consideracion, y debiendo ser muy rebajada, tiene poca estabilidad; y por esta razon no se construye de este modo sino raras veces.

La segunda forma de construirla, apoyándose sobre los muros laterales que están más próximos y pueden hacerse muy fuertes ambos, puesto que no aumentan la longitud del espacio que han de recorrer las llamas—como sucede en el caso anterior con el muro que termina el laboratorio—presenta una construccion mucho más fuerte; pero no aprovecha tanto el calor, porque no le reparte con tanta igualdad por toda la superficie de la plaza. Sin embargo, se remedia fácilmente esta pretendida dificultad (1) dando muy poca curvatura á la seccion trasversal de la bóveda.

(1) Los autores que suponen la mala distribucion del calor por las bóvedas paralelas al eje del horno, dicen que en la línea central de la plaza hay más calor por efecto de la reverberacion del calor; pero como el efecto de esta, si alguno existe, no puede ménos de ser muy pequeño relativamente á la cantidad total de calor que las llamas comunican á las menas, resulta que el defecto señalado á las bóvedas de generatrices longitudinales no merece tenerse en cuenta.

En muchos hornos de reverbero existen en la bóveda una ó más aberturas, la mayor parte de las veces provistas de una tolva, ó gran embudo de chapa de hierro y de una tapadera móvil, que sirven para introducir en el horno, cuando hace falta, la carga que se tiene preparada de antemano en las citadas tolvas.

Otras veces, en vez de haber tolvas en la parte alta de los hornos, se prolongan los costados laterales y dejan así un espacio cuyo suelo está formado por la parte exterior ó *trasdos* de la bóveda y los costados laterales por el exceso de altura que los muros tienen sobre los arranques de ésta. Estos espacios, que también tienen orificios por los cuales comunican con el interior del horno, sirven unas veces para secar en ellos las menas que proceden de lavados ó de operaciones de la vía húmeda, y otras para verter cenizas, escorias trituradas ú otros materiales malos conductores del calor, á fin de evitar las pérdidas por radiación.

La forma del laboratorio y sus dimensiones varían muchísimo: cuando la temperatura que han de sufrir en él las menas es uniforme, su longitud no puede ser muy grande, porque cualquiera que sea la cantidad de combustible que se queme, la llama no puede llegar con un calor muy elevado á una distancia muy grande del

hogar: en los reverberos de fusion se verifica siempre esta circunstancia, y por eso no tienen nunca más de cuatro metros de largo, y son muy raras las veces que llegan á esta dimension. Cuando las menas no han de sufrir más que una calcinacion, en la cual conviene que sufran primero una elevacion de temperatura no muy considerable, para ir la aumentando despues por medio del movimiento de la mena, que se va llevando desde el punto más próximo á la chimenea por donde entra en el horno, hácia el hogar, por cuya intermediacion se saca, pueden darse á las plazas longitudes mucho más considerables, que llegan á veces á 10 y 12 metros.

La figura más apropiada, especialmente para la plaza de los reverberos de fusion, es la de un óvalo más ancho por la parte del hogar que por la parte de la chimenea, ó la de un trapecio, cuyas bases mayor y menor están respectivamente en cada uno de estos dos puntos, y cuyas esquinas se cortan por medio de chaflanes planos, ó por medio de curvas para evitar que queden en el interior puntos donde no pueda penetrar bien la llama, y donde por lo tanto haya una temperatura mucho menos elevada, con la cual no puedan terminarse bien las reacciones que se buscan. La figura 9.^a indica una

forma muy comun y de muy buenos resultados para un reverbero de fusion, que se emplea en casi toda Inglaterra para el beneficio de las menas de estaño y para las de cobre. Basta considerarla con un poco de atencion para comprender que esa forma es la que tiene próximamente la llama de una hoguera, que ensancha algo inmediatamente por encima del combustible de que parte, y despues estrecha sucesivamente hasta acabar casi en punta. Por otra parte, la bóveda que se aproxima cada vez más á la plaza á medida que se separa del hogar, y cuya forma por lo tanto responde al mismo pensamiento de buscar la forma de la llama, hace que esta actúe sobre los minerales durante todo su trayecto en el interior del laboratorio, y aprovecha por consiguiente el calor todo lo que puede aprovecharse en esta clase de aparatos.

Sin embargo, aunque muy frecuente y de muy buen empleo, no es esa forma la única que presentan los hornos de reverberos ni aún en el mismo país que se ha citado. Tambien hay hornos en que la plaza es circular, otros en que es elíptica, rectangular con las esquinas chaflanadas, ó de forma irregular, con más curvatura por un lado que por el otro. Lo más esencial respecto á la forma de la plaza es que

no presente ángulos entrantes, en los cuales no podría penetrar la corriente gaseosa que produce la llama, y donde, por consiguiente, sería mucho más baja la temperatura; y es también muy de tenerse en cuenta que sean más anchas por el punto donde se encuentra el hogar que por el otro.

Si los hornos han de servir para la calcinación, la plaza, cualquiera que sea su figura, es plana y casi horizontal, porque de este modo se trasportan más fácilmente en ella las materias de una parte á otra; y no es necesario satisfacer á ninguna otra condicion. Si han de servir para la fusión, es preciso hacerlas de forma cóncava, de manera que las materias fundidas en cualquier parte del aparato puedan correr hácia un punto, el más bajo de toda la plaza, en el cual se practica muchas veces una hoquedad, cuyo volúmen es próximamente igual al de las materias que han de resultar fundidas en cada operación, y en cuyo punto más bajo existe la *piquera*. Esta hoquedad se llama el *crisol*, y generalmente comunica con otro receptáculo de mayores dimensiones, colocado en la parte exterior del horno, al cual, lo mismo que en los hornos de cuba, se le llama reposador.

Algunos hornos carecen de crisol,

ces la plaza tiene una forma muy cóncava, inclinándose toda ella fuertemente hácia un punto, muy bajo relativamente á los que forman su contorno,—á veces cerca de un metro,—donde se encuentra la piquera, que comunica el interior del aparato con el reposador.

Bien exista crisol ó bien no exista, y muy especialmente en este último caso, conviene hacer que el punto donde se reuna el metal fundido esté lo ménos expuesto que sea posible á la influencia de la llama. Hasta hace algun tiempo se hacía casi siempre el crisol á la mitad de la longitud de la plaza: ahora se hace mucho más próximo á la chimenea, á fin de que, llegando allí los productos de la combustion, con algo ménos de temperatura, y con una direccion inclinada hácia arriba,—porque siempre debe haber un pequeño resalto entre la plaza y el conducto que la pone en comunicacion con la chimenea—no se oxiden mucho.

Las plazas se construyen raras veces sobre cimientos macizos: lo más frecuente es arrancar de los cimientos en que se apoyan los muros laterales ó los del hogar y la chimenea una bóveda, abierta por lo ménos por uno de sus extremos, y generalmente por los dos, que se *trasdosa de nivel*, es decir, se rellena por los lados con materiales hasta que la superficie ex-

terior quede horizontal, y sobre la cual se coloca la materia de que se ha de formar la plaza.

Tambien suelen hacerse sobre planchas de hierro, y en muchos casos, como el de la figura 9.^a, se dejan en su misma masa canales *K*, *K*, *K*, que tienen por objeto, como la bóveda inferior, refrescarla é impedir que se funda.

La tendencia que modernamente se nota en todas las industrias á sustituir el trabajo material del hombre por un trabajo mecánico desarrollado por el agua, el vapor, el gas, etc., ha hecho que de poco tiempo á esta parte se construyan hornos de reverbero cuya plaza gira alrededor de un eje, ya vertical, ya horizontal. En el primer caso, la bóveda permanece fija, y debajo de ella se mueve la plaza, que tiene la forma de un cono muy chato, y es de hierro colado, recubierta de ladrillos. En el segundo, la plaza y la bóveda forman un mismo cuerpo, generalmente un cilindro de hierro, revestido interiormente de arcilla, de ladrillos delgados, óxido de hierro ú otras sustancias refractarias, cuyo eje es horizontal. Dando á este cilindro un movimiento de rotacion alrededor de este eje, claro está que alternativamente cada una de sus partes servirá de plaza y de bóveda, y que las materias flúidas colocadas en su interior, tendrán que ir resbalando, segun los pa-

ralelos del cilindro, recibiendo por la marcha de éste un movimiento que sería muy penoso á los obreros comunicarle por medio de herramientas.

Por último, y para terminar lo relativo á la forma de las plazas, existen algunos hornos en que se empieza por calcinar las menas en un espacio lejano del hogar, para fundirlas luégo en un punto próximo á éste. En tal caso se pueden considerar en el horno dos plazas; una que se hace plana para la calcinacion y otra cóncava para la fusion. Á veces estas plazas están al mismo nivel y comunican entre sí por un *tragante* ó ventanillo, ó simplemente por un estrechamiento que presentan ambas plazas en el punto en que se unen; otras veces están colocadas las plazas sobrepuestas generalmente en el mismo sentido, y de modo que la parte inferior de la más alta sirva de bóveda á la más baja; pero en algunas ocasiones se cruzan en ángulo recto, y entónces cada una necesita su bóveda especial.

Tambien se presenta algun ejemplo de hornos de dos plazas, no sobrepuestas, pero colocadas á distintos niveles, y comunicadas una con otra por una especie de pozo ó chimenea, por la cual se dejan caer las materias de la más lejana á la más próxima al hogar. La plaza en

que actúan directamente los productos de la combustion, es decir, la que está inmediatamente al lado del hogar, cualquiera que sea su posicion respecto de la otra, se llama *primera plaza*, y la que no recibe estos productos hasta despues que han ejercido ya su efecto en la otra, se llama la segunda; de manera que estos nombres se dan considerando el movimiento de los gases del hogar y no el de las materias, solidas que, como se ha dicho ántes, se van trayendo hácia el hogar á medida que se van calcinando.

Los materiales destinados á la construccion de las plazas varían mucho, naturalmente, segun el objeto á que se destinan y segun la naturaleza de las sustancias que han de insistir sobre ellas. En los reverberos de calcinacion no se necesitan para hacerlas más que ladrillos refractarios puestos de plano, ó losas de una piedra bastante refractaria para no alterarse con la temperatura que se va á producir.

En los de fusion hay que elegir estos materiales teniendo en cuenta la corrosion que pueden ejercer sobre ellos las materias fundidas y la accion que los mismos materiales pueden ejercer sobre las sustancias que hay en el interior. Así, por ejemplo, en el caso de querer producir una oxidacion, no será conveniente

utilizar para la plaza las mezclas de arcilla y carbon que constituyen la brasca; pero ésta tiene un excelente empleo en los casos en que la fusion ha de ser reductiva; y áun se emplea tambien en aparatos pequeños para los afinos en las llamadas *copelas alemanas*.

Las mezclas de arcilla y de caliza, que en mineralogia se llaman *margas*, ú otras análogas hechas artificialmente, las arcillas carbonosas, la arcilla silíceas y otras análogas, son de uso muy general. En algunos casos, á fin de evitar las pérdidas que se pueden producir por las filtraciones del líquido á traves de la materia que forma la plaza, se hace ésta de una mezcla de mineral y de arcilla ó de escorias y crasas producidas en operaciones anteriores, y que no se funden sino á un calor mucho más fuerte que el necesario para el beneficio de las menas; en el caso de emplear cualquiera de estos materiales se introducen en el horno en trozos pequeños y se carga una gran cantidad de combustible, á fin de producir un calor excepcional y violento, capaz de fundirlos; despues se dejan enfriar, y cuando están pastosos se cubre bien con ellos toda la superficie de la plaza.

Por último, en algunas ocasiones muy raras en que la plaza ha de contener desde luego una disolucion del mineral en agua ó en otro líquido,

se construye la plaza de sillares bien unidos por un cemento hidráulico, que sean bien impermeables al líquido caliente y que no sufran alteracion por su contacto; pero no hace falta que sean refractarios, porque la temperatura no ha de ser nunca muy elevada cuando se trata de aplicarla á sustancias disueltas en agua ó en otros cuerpos líquidos á la temperatura ordinaria.

El volúmen del laboratorio del horno ha de estar en una relacion determinada con la superficie total ó con la superficie libre de la rejilla, segun la temperatura que se quiere obtener, puesto que segun sea más pequeño el horno relativamente á su hogar, la llama más concentrada producirá más calor y viceversa; pero en muchos casos no se necesita acudir á esta relacion, y basta calcular la que hay entre la superficie de la plaza y la superficie de la rejilla. Para hornos en que hace falta conseguir una temperatura muy alta, como, por ejemplo, los hornos en que se funde el acero, hay ocasiones en que la superficie de la plaza es más pequeña que la del hogar, y nunca llega á ser vez y cuarto esa superficie; para hornos en que si bien necesitan fundirse las materias, no hace falta un calor tan fuerte, es tres ó cuatro veces mayor, y en los de calcinacion, en cierta parte

de los cuales conviene obtener una temperatura relativamente baja, puede llegar la superficie de la plaza á ser 15 y 20 veces mayor que la del hogar.

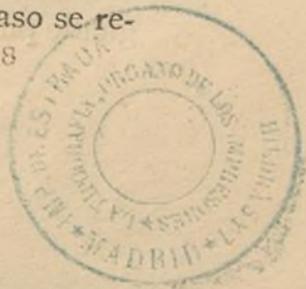
Los muros que limitan el horno en la parte del laboratorio están siempre atravesados por algunas aberturas que se llaman *puertas de trabajo*, y que, como lo indica su nombre, sirven para que los obreros puedan maniobrar sobre las materias que están en el interior, por medio de las herramientas oportunas. A fin de que dichas herramientas puedan llegar fácilmente á todos los sitios de la plaza, se hacen las puertas mucho más anchas por la parte de dentro que por la de fuera del horno, y aún se suelen redondear los muros en el sitio donde empiezan las puertas.

El número de éstas es muy variable: algunos hornos, especialmente los de fusión, no tienen más que una; miéntras que hay algunos de calcinación, en los cuales se encuentran hasta 14, 7 á cada lado. Por lo comun, todas ellas tienen, como las del hogar y el cenicero, hojas de chapa que giran sobre sus goznes, y por medio de las cuales pueden cerrarse, cuando conviene que no penetre en el horno aire más que por el hogar. También suelen presentar en el marco, que es de hierro dulce ó colado, dos horquillas en

saliente, ó dos entalladuras en las cuales se pueden acomodar los pivotes de una barra de hierro en la cual se apoyan las herramientas, que tienen siempre bastante peso para que sea molesto y pesado manejarlas sin este apoyo, por que poniéndose muy calientes por el extremo que se encuentra en el horno al poco tiempo de haberlas introducido, hay necesidad de cogerlas muy largas. Otras veces hay con este mismo objeto delante de las puertas unas cadenas con ganchos al extremo, en las cuales se apoya la herramienta; pero es preferible el sistema indicado ántes.

Entre el laboratorio y el hogar existe un muro más elevado que el nivel de la plaza, que impide á las menas caer sobre el combustible y que se llama *punte*. Como está expuesto á un calor más fuerte que el resto del horno, se hace de materiales refractarios de primera calidad, y se deja en su interior un hueco, que ó se pone en comunicacion con los otros canales que atraviesan la plaza, como se ve en la fig.^a 9.^a, ó al ménos se hace que desemboque por un lado y otro al exterior, al traves de la obra muerta del horno. Algunos puentes no tienen un verdadero canal interior, sino que forman una especie de bóveda muy estrecha en comunicacion con la atmósfera, y en este caso se re-

METALÚRGIA.



visten por un lado y otro con planchas de hierro fundido, sujetas á la mampostería por medio del engatillado.

La altura del puente depende de la mayor ó menor accion que se quiere ejercer sobre las menas por medio de la llama: cuando se trata de aumentar ésta, el puente debe ser bajo y servir sólo para que las materias sólidas ó líquidas que hay en la plaza no puedan caer sobre el combustible; cuando no se quiere una accion tan enérgica, se hace más alto á fin de que la llama no obre tan directamente sobre las materias que están próximas á él; pero si á consecuencia de ser los hornos muy largos hay que hacer cargas grandes de combustible, no basta tomar esta precaucion; y en algunos hornos ingleses se prolonga el puente hácia la parte de la plaza, formando una bovedita bajo la cual queda el mineral resguardado de la accion directa de los gases, como se indica en la fig.^a 7.^a

Por el lado opuesto al hogar existe tambien en la plaza, cuando se destina á la fusion otro puente, por regla general más bajo, y cuya parte superior sirve de piso al *tragante*, que es una abertura por medio de la cual comunica el horno con la chimenea. En los hornos destinados á la calcinacion no es indispensable el segundo puente, y puede por el contrario ser per-

judicial, si conviene que los productos gaseosos salgan lamiendo la última parte de la plaza.

La seccion del tragante ejerce una influencia grandísima en el tiro del horno; cuando es pequeño, dificulta la entrada del aire caliente en la chimenea, y por consiguiente, hace que languidezca la combustion en el hogar; conviene, por lo tanto, que su seccion sea bastante grande; generalmente oscila entre la sesta y la cuarta parte de la superficie del hogar.

En los hornos muy anchos por el lado de la chimenea, un sólo tragante, por muy extenso que fuera, no repartiria bien el calor; por esta razon en estos casos se hacen dos, generalmente verticales, que convergen luégo y se reunen en un canal único que desemboca en la chimenea; á esta disposicion que se emplea en Almería en los hornos de plomo, se la llama en la localidad *calzoncillos*, por la forma que presenta. Si los dos tragantes son iguales, es claro que el tiro se dividirá por igual entre ambos, y esto no conviene muchas veces. Ya se ha dicho en la pág. 106, que convenia colocar el crisol ó el depósito donde se reúne el metal, fuera de la accion de la corriente gaseosa á fin de evitar la oxidacion; este mismo resultado se favorece, no sólo colocando el crisol en el final de la plaza, sino procurando que el tragante de aquel

lado sea menor que el otro, y aún que la pared que corresponda al crisol tenga más curvatura que la opuesta.

Casi nunca es posible construir la chimenea inmediatamente en contacto con el horno, y aún á veces hay conveniencia en construir una sola comun á varios aparatos de una misma ó de distintas clases. En este caso, si los conductos que ponen cada horno en relacion con la chimenea no tienen ningun otro uso, se llaman *tragantes*, comprendiendo en esta palabra, no sólo la abertura de comunicacion con el laboratorio, sino el conducto todo él, sea horizontal, sea inclinado, como sucede muchas veces.

La *chimenea* es un conducto, casi siempre vertical, de muy poca seccion relativamente á su altura, y cuyo objeto es determinar una corriente de aire, que introduciéndose por el cenicero en el hogar, atraviese la capa de combustible dando lugar á que se quemé éste, pase luego por el laboratorio ejerciendo su accion sobre las menas que se encuentran en la plaza, y salga finalmente al exterior por este conducto.

El movimiento del aire en las chimeneas se verifica en virtud del menor peso específico que tiene el aire caliente respecto del aire frio. A causa de esta diferencia de peso específico, la presion de la atmósfera en el hogar es mayor

que en la chimenea, y por consiguiente, el aire penetra por aquel para ir á buscar ésta; pero calentándose nuevamente en el trayecto, la diferencia de presiones continúa siempre, y esto establece la corriente de aire, es decir, lo que se llama *tiro*. La mayor ó menor actividad del tiro depende de la altura de la chimenea, de su seccion, de la temperatura á que se encuentra el aire en su interior y de las resistencias que al paso de la columna gaseosa oponen los rozamientos, estrecheces, cambios de direccion, etc.

Las dimensiones interiores de una chimenea necesitan estar calculadas en relacion á las del hogar del horno á que se aplica, á fin de obtener una velocidad conveniente en el aire que se mueve por ella. Sería impropio de un libro de la índole del presente, entrar en el cálculo difícil, complicado é inseguro de las dimensiones de una chimenea: baste decir que los resultados que se deducen de este cálculo conducen á las consecuencias siguientes:

La temperatura más conveniente para los gases que han de recorrer una chimenea es la de 200° centígrados. La seccion transversal más á propósito es la de un círculo; pero atendida la mayor facilidad con que se construyen las de seccion cuadrada, suelen hacerse de esta forma las que sirven un horno solamente; construyen-

do de seccion circular las que han de provocar el tiro en diferentes aparatos, de las cuales se hablara un poco más adelante. La superficie de la seccion transversal de la chimenea es unas veces igual y otras mitad de la seccion libre de la rejilla: y tambien es frecuente que sea mayor en la parte baja que en la parte alta.

Debe tenerse muy presente que las chimeneas han de ser por regla general más bien anchas que estrechas: el primer defecto se corrige fácilmente por medio de un cortafuego que, cerrándose más ó ménos, disminuye la seccion á voluntad: el segundo no puede nunca corregirse, y si resulta en un aparato despues de concluido le inutiliza por completo. En las chimeneas metalúrgicas el cortafuego suele consistir en una chapa de hierro, movable en unas visagras que le permiten girar como una puerta, que puede aplicarse al orificio superior de la chimenea y cerrarle por completo: esta chapa se maneja desde la parte baja próxima al horno por medio de una palanca acodada y una cadena ó varilla de hierro.

La altura varía entre límites muy extensos aún para las chimeneas que sirven un solo aparato: depende de la clase de combustible y de la cantidad que debe quemarse por hora; en algunos hornos alimentados de leña delgada no

pasa de 8 metros; en otros en que se quema hulla, llega á 20 y 25: pero en términos generales puede decirse que las alturas más comunes en esta clase de chimeneas, son de 15 á 20 metros.

En muchas fábricas donde están encendidos á la vez un gran número de aparatos, sería inconveniente construir para cada uno su chimenea especial, y se suele hacer, próximamente en el centro de todos ellos, una chimenea de grandes dimensiones, con cuya parte inferior comunican los diversos hornos por medio de canales ó galerías en las que terminan los tragantes de aquellos. Estas chimeneas presentan indudables ventajas respecto de las que sirven un horno especial. En primer lugar, pueden construirse con mucho más esmero, áun á costa de mayores gastos, puesto que no ha de construirse más que una para toda la fábrica. En segundo lugar, siendo mucho más elevadas, lanzan á la atmósfera los gases que aspiran á una altura tal que no incomodan, ni áun cuando sean deletéreos ejercen acción sensible sobre los animales ó los vegetales que existen en los puntos próximos á la fábrica: y en tercer lugar, regularizan la marcha de los aparatos que se ponen en relación con ellas, puesto que en todos se verifica el tiro en virtud de una misma

aspiracion. Este objeto, sin embargo, solamente se consigue cuando se llenan dos condiciones, la primera de las cuales especialmente, es de grandísima importancia. Los tragantes que conducen los humos al pié de la chimenea deben ser paralelos ántes de entrar en el general, donde se reunen: de otro modo, léjos de regularizarse el tiro en todos los aparatos, los hornos que tiran más, apagan los que tiran ménos. Si, por ejemplo, los tragantes de dos hornos distintos se encuentran en ángulo recto, la corriente producida en el que tenga más tiro, obstruirá como una tapadera la salida del otro, y por consiguiente impedirá el tiro en absoluto.

Por el contrario, si ántes de encontrarse las dos corrientes se han hecho paralelas, la velocidad que resulte en la parte donde ya se han unido, ejercerá su accion por igual en ambos tragantes, y por lo tanto la mayor actividad del tiro en uno de ellos, trasportándose al conducto general, aumentará la que tenga el otro.

La segunda condicion á que debe satisfacerse al construir los tragantes para las chimeneas generales, es la de que todos ellos tengan próximamente la misma longitud, pues en el caso contrario, aumentándose el rozamiento de la corriente gaseosa con las paredes del conducto,

en los que sean más largos, el tiro resultará disminuido en los hornos correspondientes á éstos, respecto de los que tengan tragantes más cortos. Cuando la posicion de los aparatos no permite llenar esta circunstancia, se consigue un objeto análogo, aumentando la seccion proporcionalmente á la longitud de los tragantes.

La altura de las chimeneas generales es naturalmente mucho mayor que la de las otras, y su seccion es siempre circular. En fábricas de gran importancia industrial de Francia y de Bélgica existen algunas que llegan á tener 100 y 120 metros de elevacion. En una fábrica alemana de acero fundido, existe una cuya altura es de 138,^m70. Sus cimientos tienen una profundidad de 4,^m50 y un diámetro de 9,^m41; el zócalo tiene 9,^m10 de diámetro y el interior de la chimenea 5^m en la parte baja y 2,^m82 en la alta. Es la mayor que hasta ahora se ha construido, y para que se pueda formar idea de su altura, basta indicar que á ménos de la mitad está situada la cruz de la media naranja llamada *Cimborrio* en el célebre monasterio del Escorial.

Las chimeneas se construyen algunas veces den chapa de hierro; pero comunmente de mampostería. La parte baja necesita ser refractaria; pero desde una altura de 8 ó 10 metros, se pueden ya construir con materiales ordinarios. En

los casos en que la temperatura con que llegan los gases procedentes de los hornos, no baste á determinar el tiro necesario, se construye en su fondo un hogar, cuyo objeto es exclusivamente calentar el aire para favorecer el tiro. Otras veces se inyecta tambien por la parte baja una corriente de vapor de agua.

En algunas ocasiones, aunque son raras, se introduce aire en los hornos de reverbero por medio de un fuelle propiamente dicho. Esto sucede, por ejemplo, cuando se trata de separar de los plomos argentíferos la plata que contienen, ó cuando se refinan los cobres: en este caso el tiro producido por la chimenea, cuando la hay, no produce otro efecto que alimentar la combustion en el hogar, y el oxígeno necesario para las reacciones le proporciona el fuelle.

Desde hace algun tiempo se emplean como combustible en los hornos de reverbero, gases compuestos de hidrógeno y de carbono, es decir, gases muy semejantes al que se emplea para el alumbrado público, que se producen en la destilacion de las hullas, los lignitos ú otros combustibles sólidos.

En tales casos, ó existen en los establecimientos metalúrgicos, verdaderas fábricas de gas en las que se produce este flúido, conservádole

en gasómetros, de los cuales se va gastando el necesario, ó se construye para cada horno un generador especial de gas ó lo que es más comun y mucho más conveniente, se aprovechan como gases combustibles los que salen de ciertos aparatos metalúrgicos, llevando en su masa los elementos combustibles que ántes hemos citado.

La combustion del gas se hace siempre por medio de una corriente de aire, caliente si es posible, que se pone en contacto con el gas en la proximidad del puente y le quema en estas condiciones del modo más completo posible. Los primitivos aparatos consistian en una caja de hierro dulce con diferentes mecheros ó boquillas colocadas en el centro de un conducto por donde llegaba el gas. El aire venía por el interior de las cajas con una fuerte presión, y quemaba el gas casi por completo, produciendo una temperatura sumamente elevada. Para hacer más perfecta la combustion, se han construido también cajas como la representada en la fig. 10.^a, con agujeros *AA* en uno de sus lados, por los cuales sale el gas, que entra por el tubo *T'*: en el centro de cada uno de estos agujeros hay un tubo *T*, también de hierro, que forma una especie de soplete, y atraviesa totalmente la caja, y todos estos tubos se reúnen en

otra caja, tambien de hierro *K*, colocada detrás de la primera, segun indica la figura, y por la cual viene el viento. Por medio de esta disposicion, cada uno de los surtidores de gas que salen por los agujeros *AA* que quedan con la forma de un anillo, está rodeado por el aire que hay en el horno y atravesado por el centro por el surtidor de aire comprimido que sale por el tubo interior *T*.

El deterioro sumamente considerable que sufrian estos aparatos, y la necesidad de obtener temperaturas cada vez mayores, á medida que crecen las necesidades de la industria, ha hecho estudiar muy detenidamente el modo de conseguir este resultado sin necesidad de acudir á esos aparatos, cuya pronta destruccion origina gastos considerables. Este ha sido el origen de los llamados *regeneradores del calor*, inventados hace unos veinticinco años por los hermanos Siemens y representados en la fig. 11.^a En esta clase de hornos el gas y el aire vienen por conductos *AG* practicados en la mampostería, en cuyo interior existen una porcion de ladrillos refractarios, que dejan entre sí los huecos necesarios para que circulen ambos gases: el aire llega por el conducto *A* más separado del horno, y el gas combustible por el *G* más próximo á él. En el puente *T* se reunen, y en virtud

de la temperatura que traen á consecuencia de lo que se dirá más adelante, se combinan produciendo naturalmente un calor muy elevado que se ejerce sobre las menas ó los materiales cualesquiera que ellos sean, colocados en la plaza *P*.

Al salir de la plaza llevan una temperatura que, por mucho que haya querido aprovecharse el calor en el horno, no puede ménos de ser muy elevada, 400° ó 500° por ejemplo. Esta temperatura se comunica á los ladrillos colocados en otros dos conductos *A' G* iguales á los *AG* y simétricamente situados, que los gases recorren de arriba abajo: y cuando al cabo de cierto tiempo están ya estos ladrillos á una temperatura igual á la que llevan los gases, se invierte la direccion de la corriente por medio de unas válvulas á propósito, se reciben los gases por *A' G* y se desprenden por *AG*. De esta manera, pasando por los ladrillos enrojecidos, adquieren una elevada temperatura, y cuando se mezclan en *T* se combinan desarrollando un calor más fuerte aún; ejercen su accion en la plaza del horno, y al desprenderse, calientan los ladrillos de los conductos *AG*. Pasado cierto intervalo de tiempo, los gases que llegan frios á *A' G* enfrian notablemente los ladrillos colocados en su interior, mientras los que salen del horno elevan la temperatura de los correspondientes

á los conductos *A G*, y entónces se vuelven á colocar las válvulas de entrada del aire y el gas en la primitiva posicion, para que la corriente se dirija otra vez de derecha á izquierda. Por esta disposicion se consigue aumentar la temperatura en la plaza hasta un punto tal, que pueden llegar á fundirse los materiales más refractarios; y teóricamente no se puede encontrar límite superior para la temperatura obtenida.

Los regeneradores Siemens, á pesar de ser tan modernos, se emplean ya con bastante frecuencia para aquellas operaciones en que es preciso obtener una temperatura muy alta, como por ejemplo, en el beneficio del zinc y el del acero, en la fabricacion del vidrio y de los esmaltes, etc.

Más modernamente aún se han hecho algunas modificaciones en los aparatos Siemens, á fin de poder emplearlos en la calefaccion de aire que tenga una presion muy fuerte, lo cual no puede hacerse con los aparatos ordinarios, porque el gran número de juntas hace que no puedan resistir una presion de viento mayor que la representada por algunos milímetros de azogue; pero estas disposiciones han sido hasta ahora muy poco empleadas.

Los hornos de reverbero presentan relativa-

mente á los de cuba la ventaja de poder inspeccionarse mejor en ellos la marcha de los procedimientos; la posibilidad de emplear combustible *crudo*, ó en su estado natural; la de prescindir del empleo de fuelles; la mayor facilidad de trabajar sobre la carga; la de pasar por el horno á igualdad de tiempo y de las demas circunstancias mayor cantidad de mena; y muy principalmente la de poder prolongar ó acelerar á voluntad la accion oxidante ó reductiva, frecuentemente con economía de fundentes.

En cambio no aprovechan tan bien el calor producido por el combustible, y en los ordinarios por lo ménos, no puede obtenerse una temperatura tan elevada como en los de cuba.

Hornos de vasijas ó de crisoles. — En éstos, como ya se ha dicho, el combustible, no solamente está separado de la mena, sino que ésta se encuentra encerrada en vasijas de una sustancia refractaria, dentro de las cuales no puede sufrir la influencia de los gases de la combustion.

Los hornos de crisoles son espacios de planta generalmente circular ó poligonal, y en algunas ocasiones rectangular, en cuyo centro hay una rejilla, alrededor de la cual se colocan las vasijas que contienen la mena. Están cu-

biertos por una bóveda rebajada, y bien sea en ésta, bien en una de las paredes laterales, según los casos, existen tantos orificios como vasijas hay, á fin de poder examinar ó extraer el contenido de éstas y volver á cargarlas.

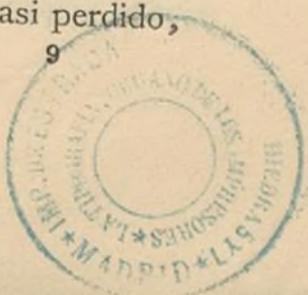
Esta clase de hornos se emplean cuando los productores de la combustion pueden perjudicar á la sustancia que se quiere producir, ó cuando se trata de obtener un producto volátil que no conviene tampoco mezclar con los gases carburados que desprende el combustible. La forma que afectan es sumamente variable y, como se ha dicho, unas veces presentan chimenea y otras no.

Algunas veces la plaza es de seccion rectangular, y el hogar no se encuentra situado en el centro de la misma, sino en uno de sus extremos, existiendo en el otro una chimenea; es decir, que son una especie de hornos de reverbero. Las vasijas, — que en este caso son generalmente retortas — están colocadas en dos banquetas á lo largo del horno, de modo que sus bocas, atravesando la mampostería, vengan á enchufar por la parte de fuera en otras vasijas próximamente de la misma forma, donde se condensa y se recoge el producto volátil que se desprende de las primeras. El aspecto de este aparato con su bóveda de cañon seguido

y los apéndices que forman los recipientes, simétrica y normalmente situados á un lado y otro de los muros largos, le hace asemejarse á una de las antiguas galeras de mar, con sus remos, y esto ha hecho que se les dé el nombre de *hornos de galera*.

En alguna ocasion el horno forma un espacio de planta rectangular, abovedado y con una rejilla inferior, bien colocada inmediatamente debajo ó un poco inclinada hácia uno de los costados. Las vasijas, que son tubos de arcilla, se ponen casi horizontalmente apoyadas por su boca en la pared delantera y por su culata en la trasera del horno, y la llama, circulando por entre ellas ántes de salir á la chimenea por dos ó más aberturas practicadas en la bóveda para dirigir el tiro, las calienta hasta una temperatura muy elevada. No puede evitarse sin embargo que las inferiores, que sufren directamente la accion de la llama en su contacto inmediato con el combustible, estén mucho más calientes que las otras, y esto hace que la operacion no marche con toda la regularidad debida. Para evitar este inconveniente se emplea en la fábrica de zinc de Arnao (Astúrias), un sistema de calefaccion de excelente uso en aquella localidad, en la cual se producen muchos menudos de hulla. Este combustible, que ántes era casi perdido,

METALÚRGIA.



se recoge y se muele cuidadosamente hasta obtener un polvo muy fino, que se vierte en el interior del horno por la parte alta, por medio de un aparato que le distribuye con uniformidad por toda la superficie de la bóveda. Al caer el polvo muy lentamente en virtud de la corriente de aire que sube por el horno, se inflama y arde durante su caída, produciendo por consiguiente una temperatura uniforme en la parte alta y en la baja del aparato.

CAPÍTULO IV.

APARATOS ACCESORIOS Y AUXILIARES PARA LAS OPERACIONES METALÚRGICAS POR LA VÍA SECA.

§ I.—Aparatos de condensacion.

La elevada temperatura que se origina en las operaciones metalúrgicas y la corriente de viento que se produce en el interior de los aparatos, ocasionan pérdidas de dos especies distintas. Los cuerpos volátiles, se trasforman en vapores, y saliendo en esta forma de los aparatos, se pierden en la atmósfera sin poder aprovecharse; el polvo ténue que acompaña siempre al mineral y que en muchas ocasiones contiene grandes cantidades de metal beneficiable, es arrastrado mecánicamente por la corriente

de viento, á la manera con que cuando éste es fuerte y rastrero levanta y trasporta de una parte á otra el polvo de las calles, los paseos, caminos, etc.

Hay además algunos procedimientos en que se trata de obtener algun producto volátil que hay necesidad de condensar, y naturalmente debe procurarse que la condensacion sea lo más completa posible, á fin de que no salga con la corriente gaseosa ninguna cantidad de vapor de la sustancia beneficiable.

Para obtener este resultado, se hace que los hornos comuniquen por el punto en que sale de ellos la corriente gaseosa con un aparato de paredes generalmente delgadas, en el cual se obtenga una de dos condiciones, segun el objeto que se désee conseguir. Si se trata de condensar vapores, que se pueda enfriar considerablemente la corriente gaseosa: si se trata de recoger polvo arrastrado mecánicamente, que la seccion se aumente mucho, á fin de que, disminuyendo la velocidad, se depositen los cuerpos arrastrados, como se depositan en los remansos de los rios las tierras y las piedras que arrastran en aquellos puntos en que merced á ser el cauce estrecho, corren con mucha rapidez.

Los condensadores son, por consiguiente, unas veces grandes cámaras de mampostería

donde afluyen los humos de un gran número de hornos; otras largas galerías del mismo material ó de tablas calafateadas, y otras tubos de hierro, de barro, y á veces hasta de lona, que en el primer caso se enfrían por medio de corrientes de agua.

Cuando en una fábrica existe, para determinar el tiro de varios hornos, una gran chimenea central, cuya elevacion determina en todos ellos un tiro muy regular y muy activo, segun se ha dicho en el capítulo anterior, suele hacerse que los tragantes de los aparatos terminen en una galería general, que se prolonga en una gran longitud ántes de llegar á la chimenea, ó que desemboca á su vez en una gran cámara, colocada ántes de ésta.

Si se trata únicamente de retener los polvos arrastrados por la accion mecánica de los gases en movimiento, basta colocar ántes de la chimenea una gran cámara, cuyo volúmen sea muy grande respecto al del gas en movimiento, y que por lo tanto aminore mucho su velocidad. Esta cámara debe tener fácil acceso y sus muros únicamente el espesor suficiente para que tenga la estabilidad necesaria. Si hay que condensar productos volátiles, conviene subdividir la corriente gaseosa, para que, teniendo ménor seccion, sea el centro más aseguible á la accion

refrigerante de la atmósfera ó del agua que se hace actuar sobre ella; hacerla sufrir cambios de direccion y estrecheces y ensanches sucesivos para que su marcha sufra una serie de conmociones, efecto de las variaciones de velocidad; construir sus paredes con los materiales más convenientes para dejar pasar el calor; y colocar el todo en un medio que esté á la menor temperatura posible.

Para conseguir todo esto se prestan mejor las galerías que las cámaras, áun cuando éstas se hallen divididas en pisos por medio de tabiques horizontales y en compartimientos por medio de otros verticales, y áun cuando la corriente se dirija en ellas por medio de puertas siguiendo una marcha sinuosa; porque en el caso de condensarse algunos vapores, como al convertirse del estado gaseoso al de líquidos ó sólidos abandonan una gran cantidad de calor, este calienta los pisos y los compartimientos que están en contacto con aquel en que la condensacion se verifica; cosa que no sucede en las galerías, donde ese calor se emplea en calentar el medio que las rodea; y como este se renueva constantemente, no produce ningun efecto nocivo para la condensacion ulterior. Pero cuando no se puede disponer de un espacio bastante grande y no se pueden cons-

truir galerías hay que recurrir á las cámaras.

Las galerías se construyen, como ya se ha dicho, unas veces de mampostería delgada y otras de tablas bien unidas y calafateadas, para que los vapores no puedan escaparse de ellas sino por la chimenea que se encuentra á su final y que produce el tiro. El piso no debe estar en contacto con el suelo, sino elevado algunos centímetros sobre él por medio de pequeños piés derechos, á fin de que, circulando el aire por debajo, contribuya también al enfriamiento de los vapores. Nunca deben estar en línea recta, sino formando un conducto en zig-zag, ó por lo ménos sinuoso, y en el caso de condensarse en ellas sustancias venenosas debe haber puertas con mucha frecuencia para evitar que los obreros, al recoger los productos condensados, tengan que permanecer mucho tiempo en el interior, cuya atmósfera no se consigue nunca que sea inofensiva.

Excusado es decir que la mayor ó menor longitud de las galerías depende de la menor ó mayor facilidad con que se condensan los productos que por ellas circulan. En algunos casos no se necesitan verdaderas galerías y bastan tubos de longitud de 15 ó 20 metros, y hasta simples alargaderas de cortísima longitud, mientras que en otros, bien por la dificultad de condensarse

los vapores, bien porque su naturaleza exija que no se lancen á la atmósfera sino en cantidades inapreciables, hay que darlas una longitud de 100 y hasta de 150 metros.

En los aparatos empleados para los vapores más fácilmente condensables, la subdivision de la corriente se hace hasta el punto de que el diámetro de cada una de las parciales que resultan llega á veces á ser únicamente de 10 á 12 centímetros, como sucede en Almaden, donde los tubos por donde marchan las corrientes parciales presentan unidos la forma de un rosario, cuyas estrecheces tienen el indicado diámetro de 10 á 12 centímetros, y sus anchuras máximas 20 á 22.

Tambien se usan para la condensacion tubos de hierro colado de 20 á 30 centímetros de diámetro y 10 á 15 metros de longitud, que en vez de presentar la forma rectilínea, son una serie de V V de brazos bastante abiertos, en cuyos vértices inferiores se reune la sustancia condensada, sobre todo la parte líquida.

Otro de los medios de condensacion es el agua que se deja caer en forma de lluvia dentro de las cámaras en que se producen los vapores ó que se hace atravesar por estos; pero hay que tener en cuenta que ciertos cuerpos se condensan con más dificultad en las atmósferas húme-

das que en las secas, y que en tales casos es preferible no introducir agua en el interior de los aparatos, áun cuando de este modo se consiga enfriarlos más completamente.

Por último, en algunos casos en que conviene enfriar los gases hasta tal extremo que no lleguen á tener los 200° que constituyen la temperatura más á propósito para las chimeneas, se coloca en el final de las cámaras ó de las galerías un aparato absorbente que los aspira de aquellas y los lanza á la atmósfera, generalmente por una chimenea, á fin de que, esparciéndose en ella á suficiente altura, no dañen á las personas, los animales ó las plantas colocadas á su inmediacion.

§ II. Aparatos soplantes.

Division.—Los aparatos soplantes están destinados á producir una corriente de viento bastante enérgica para entrar en los hornos y alimentar en ellos la combustion. Bajo este punto de vista, las chimeneas son verdaderos aparatos soplantes, puesto que aspirando el aire en el extremo posterior del horno, producen en el otro extremo un exceso de presion, en virtud del cual se precipita sobre el combustible una corriente de viento; pero se llama más espe-

cialmente máquinas soplantes ó *fuelles* á unos aparatos en los cuales se comprime á mano ó por medios mecánicos el viento, dándole luégo salida por un orificio estrecho, ó por varios, para que actúe sobre el combustible en la parte interior de los hornos, especialmente en los de cuba.

Segun su forma y la manera con que se produce en ellos la corriente de aire, se puede hacer la siguiente division de los fuelles:

- 1.º fuelles ordinarios;
- 2.º fuelles de piston;
- 3.º fuelles hidráulicos;
- 4.º fuelles giratorios.

Fuelles ordinarios.—Los fuelles ordinarios tienen ya en el dia poca aplicacion á las operaciones metalúrgicas, y sólo se ven en establecimientos de poca importancia, donde todavía no se ha tratado de sustituir la fuerza del hombre con una fuerza mecánica más barata; como las pequeñas forjas catalanas.

Un fuelle ordinario consta de dos tableros de madera, cuya forma más frecuente es la trapezoidal muy prolongada, que se aplican á una caja del tamaño de su base menor, de la cual sale la *busa* ó *portaviento*. Ambos tableros se unen por la parte lateral por medio de una piel que puede fácilmente plegarse, permitiendo de este

modo que uno de los tableros pueda formar á voluntad un ángulo mayor ó menor con el otro. En uno de ellos hay una válvula, tambien de tabla forrada de cuero, que se abre de fuera á dentro. Cuando se separan los tableros, es decir, cuando se hace que formen mayor ángulo, queda entre ellos un espacio lleno por el aire exterior, que ha penetrado por la válvula: al juntar los tableros ó cerrar el fuelle, la presion que el aire adquiere en el interior aumenta; en virtud de este exceso de presion se cierra la válvula, y el aire, no hallando más salida que la del portaviento, que se halla dentro del horno, vence las resistencias que le presenta la carga, y se lanza en el interior con tanta mayor velocidad cuanto mayor es el esfuerzo que se ejerce sobre el tablero movable del fuelle. Repitiendo la separacion y la aproximacion de los tableros, se obtiene, por lo tanto, una corriente intermitente de viento, en la cual los intervalos dependen del tiempo que se emplea en abrir el fuelle.

Fácilmente se concibe que este aparato sólo puede usarse en pequeño para activar á mano la combustion de hornillos de cortas dimensiones. Para aplicarle á un hogar de cierta magnitud y que necesite ya una corriente de viento continúa, se necesita hacerle doble; en este ca-

so, el fuelle está construido de una manera análoga á la descrita anteriormente, pero los tableros, en vez de ser dos, son tres; el central, fijo, y los exteriores movibles alrededor de vi-sagras colocadas en la base menor del trapecio que los forma: el tablero superior es macizo; pero el central y el inferior tienen cada uno una válvula de madera y cuero que se abre de abajo arriba. La caja fija que forma la delantera del fuelle, y en la cual está la boquilla de salida del aire, comunica únicamente con el espacio comprendido entre los dos tableros superiores.

Al separar en un fuelle de este género el tablero más bajo del central, entra el aire por la válvula de aquel y llena el espacio inferior: cuando despues se comprime al cerrar el fuelle, no encuentra más salida que la válvula del tablero central, y pasa, por lo tanto, al compartimiento superior y de él por la boquilla al horno; pero si durante el tiempo de una oscilacion completa del tablero inferior del fuelle sale una cantidad de aire que sea próximamente igual á la producida por el fuelle al cerrarse una vez, la salida, en lugar de ser intermitente, será continua y se notará sólo una irregularidad en la marcha de la corriente, que será más rápida en el momento de subir el tablero inferior que en el momento de bajar. Para dar mayor presion

al viento, se colocan en la parte superior del fuelle algunos galápagos de plomo, piedras gruesas ú otras materias pesadas que determinan mayor velocidad en el descenso del tablero, y por lo tanto, mayor salida de aire. Generalmente el compartimiento superior se llena bastante al principio de la operacion, para que ejerciéndose la presion sobre una cantidad mayor de flúido, se comprima más regularmente y dé una corriente más uniforme.

Los fuelles ordinarios dobles, que se usan con mucha frecuencia en nuestras provincias de Levante y Mediodía para alimentar de viento los hornos destinados á la fabricacion del plomo, se llaman en esas localidades *pavas*, por el movimiento monótono y pausado que tiene el tablero superior: de la boquilla del fuelle se conduce el aire al horno por una manga de cuero, terminada por la verdadera busa, que es un cono truncado hueco, de chapa de hierro, que se introduce por la tobera del horno. A consecuencia de esto, en algunos puntos, tanto de España como del extranjero, se da á los hornos en que se emplean esta clase de fuelles el nombre de *hornos de manga*.

Hay algunas *pavas* que en vez de tener los tableros de forma trapecial, los tienen cuadrados, y en este caso, el movimiento no se hace

alrededor de una charnela, como en los ordinarios, sino que el tablero inferior, separado enteramente del central y del superior, baja y sube paralelamente á sí mismo; en estos fuelles, cada uno de los dos tableros inferiores tiene cuatro válvulas, una en cada esquina. Con esta disposicion se consigue que una longitud menor recorrida por el punto de apoyo en que se ejerce la fuerza motriz corresponda á una cantidad mayor de viento; pero en cambio hace falta que el esfuerzo desplegado sea más grande.

La necesidad de emplear cueros para formar la parte móvil de los fuelles, impedia construirlos de grandes dimensiones y dificultaba su manejo, porque siempre ofrece una notable resistencia el plegar y desplegar en cada oscilacion pieles que, si han de resistir bien la presión interior del viento, han de ser gruesas y fuertes; por esta razon se substituyó pronto esta clase de aparatos por otros construidos exclusivamente de madera, compuestos de una caja, en la cual entraba, á rozamiento suave, un tablero con su válvula, que por su movimiento producía la corriente; pero éstos se desecharon pronto, y se substituyeron primero con cajas de madera, de forma cúbica, ó por lo ménos prismática cuadrada, con un solo fondo, en las cuales se movía paralelamente á sí mismo un

tablero igual á la base del prisma y provisto de su correspondiente válvula de admision para el aire, que salia luégo por el fondo fijo de la caja para ser conducido al horno por la manga correspondiente.

Fuelles de piston.—Estos nuevos fuelles se substituyeron pronto con otros, tambien de madera, pero en los cuales la forma, en vez de ser prismática, era cilíndrica; y una vez admitidos éstos, se han hecho despues los verdaderos *fuelles de piston*, que se construyen de hierro colado, y casi siempre de doble efecto para evitar intermitencias en la corriente.

Un fuelle de este género está representado en la figura 12. Consta de un cuerpo de bomba, en el cual se mueve alternativamente á uno y otro lado un émbolo macizo *E*; en una y otra base del cuerpo de bomba hay aberturas para la entrada y la salida del aire, provistas de sus correspondientes válvulas, *V V'*. Es claro que con uno de estos aparatos puede producirse una corriente continúa, puesto que no deja de salir viento por una ó por otra de las bases más que el momento en que el émbolo se detiene para pasar del movimiento en un sentido al movimiento en sentido contrario; pero la velocidad de salida no es, sin embargo, uniforme, y si esta condicion es indispensable en la ope-

ración á que el fuelle se aplica, hace falta, ó bien poner en vez de un cilindro, dos ó tres, cuyos émbolos tengan movimientos encontrados, ó bien intercalar entre el fuelle y el horno un regulador en que se acumule el aire para salir luégo de un modo regular y continuo.

Los fuelles de piston pueden ser horizontales y verticales. Los primeros se aplican de preferencia á las máquinas pequeñas; los segundos á las grandes. Las dimensiones ordinarias de estos aparatos son de 1 á 2 metros de diámetro y de 1,^m50 á 2,^m50 de corrida; pero existen algunos excepcionales, como los empleados en la fabricacion del acero Bessemer que tienen más de tres metros y medio de corrida y otro tanto de diámetro.

Los émbolos son de hierro colado y están guarnecidos de cuero ó de resortes de acero comprendidos entre chapas de hierro, en los puntos en que rozan con la superficie interior del cuerpo de bomba: el vástago que los mueve pasa á través de la tapa superior del cilindro rozando con unas estopas ó con uños cueros engrasados sujetos por medio de una prensa (1).

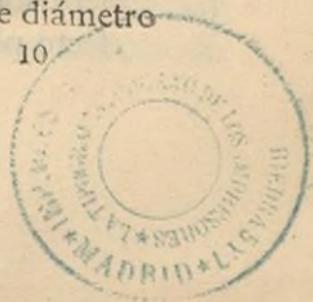
(1) La disposicion de un fuelle de piston es muy parecida toda ella á la del cilindro de una máquina de vapor; se entra en estos detalles para aquellas personas que no conocen el mecanismo con que están dispuestas las diferentes piezas de estas máquinas.

Las aberturas por donde el aire entra en el cuerpo de bomba y sale de él son sencillamente orificios practicados en las tapas de éste, y provistos de sus correspondientes válvulas. Se procura casi siempre, para evitar entorpecimientos en la marcha, que dichas válvulas estén colocadas en aberturas casi verticales, pero con una ligera inclinacion que las permita cerrarse por su propio peso, como indica la fig.^a 13. Las válvulas son planchas flexibles de cuero ó de cautchuc *P*, unidas por uno de sus extremos al cilindro y guarnecidas por uno y otro lado con chapas de palastro *CC'*, unidas entre sí por medio de pasadores con tuercas. La chapa *C* que mira al orificio es un poco más pequeña que este: la que está al lado opuesto un poco mayor, y de este modo cuando la válvula se cierra, apoya contra los bordes del orificio por el intermedio del cuero ó del cautchuc y le cierra herméticamente. Se comprende desde luégo que no es necesario que el disco mayor de la válvula apoye en un espacio muy ancho sobre el orificio; con que forme un reborde de 1 ó 2 centímetros á lo sumo es suficiente.

Es de suma importancia relacionar bien el diámetro de los orificios de entrada y salida de aire con la superficie del émbolo. La seccion más conveniente para las válvulas de admision

sería la mitad de la que el émbolo presenta; pero es muy difícil llegar á este límite, porque sería necesario para conseguirlo debilitar mucho la tapa del cuerpo de bomba; á ser posible, no conviene bajar de $\frac{1}{3}$. Las válvulas de salida pueden ser algo más pequeñas, porque el aire al pasar por ellas está ya comprimido; pueden ser de $\frac{1}{5}$ á $\frac{1}{9}$; pero como es difícil disponer próximas al portaviento del horno cajas de grandes dimensiones en que se puedan alojar las válvulas correspondientes á esas grandes superficies, casi nunca se llega al primero de estos números, y raras veces se consigue abrir orificios cuya seccion llegue á $\frac{1}{6}$ de la que tiene el émbolo.

Con objeto de aumentar todo lo posible la seccion de los orificios de entrada y salida del aire, sin necesidad de hacerlos muy grandes, lo cual presentaria en la práctica gravísimos y casi insuperables inconvenientes, se ha adoptado el medio de aumentar su número, lo cual permite tambien hacer las válvulas sencillamente con planchas de cautchuc sin guarniciones de palastro por los lados. Los orificios de admision se colocan hácia la parte exterior de las tapas, y los de salida hácia la parte central; las válvulas en este caso están constituidas por una plancha de cautchuc que tiene un poco más de diámetro



que el émbolo, y que se sujeta entre el cilindro y la tapa al colocar ésta, sirviendo al mismo tiempo de válvula y para impedir que el viento salga por las juntas. La plancha de cautchuc presenta una porcion de agujeros, lo mismo que la tapa del cuerpo de bomba; pero colocados de manera que en vez de caer sobre estos caigan precisamente en los intervalos macizos de unos á otros; en la otra tapa, y por el lado de fuera sujeta con el reborde de la caja de donde sale el portaviento, hay otra plancha de la misma materia y colocada de un modo semejante. Cuando el aire ha de entrar en el cilindro ejerce su presion sobre el cautchuc de las válvulas de entrada de fuera adentro; en virtud de su elasticidad le separa de la tapa del cuerpo de bomba, y pasa sin inconveniente alguno; cuando ha de salir, oprime el cautchuc de estas válvulas contra la tapa y obstruye los agujeros. Es claro que el movimiento de ambas planchas elásticas es alternado, y que cuando una se separa de la tapa, se aplica la otra sobre ella.

Del mismo modo que conviene dar á las válvulas una seccion determinada, en relación con la superficie del émbolo, conviene tambien imprimir á éste una velocidad comprendida entre ciertos límites que permita obtener el mejor efecto posible, evitando al mismo tiempo que

una rapidez demasiado grande ocasiona en la máquina toda temblores y sacudidas que pueden comprometer su estabilidad y acortar su duracion. Parece que la velocidad más conveniente es la de 1,^m á 1,^m25 por segundo; pero hay fuelles en Inglaterra que tienen la de 2,^m y hasta 2,^m50.

Los fuelles de piston pueden dar una cantidad de viento que en rigor, y si no hubiera pérdidas de ninguna clase, sería igual al volúmen del cilindro que tuviera por base la del émbolo, y por altura la corrida del mismo, multiplicado por la diferencia de presiones ántes y despues de comprimir el aire; es decir, al separar el émbolo de una tapa y al unirle á ella; pero á consecuencia del aire que escapa por entre el émbolo y la pared interior del cuerpo de bomba, del que sale por las válvulas en el momento de cerrarlas, etc., no se obtiene nunca en la práctica este resultado, sino uno, que á lo sumo en máquinas nuevas y perfectamente construidas, llega al 90 por 100 de aquella cantidad, y que por lo comun no pasa del 75.

Por esta razon, para calcular el volúmen de aire que puede proporcionar un fuelle, no basta considerar el volúmen que engendra cada pistonada sencilla, y multiplicarlo por la relacion de presiones ántes indicada y por el número de

oscilaciones sencillas que da el fuelle en un minuto, sino que es preciso multiplicar esta cantidad por el quebrado $\frac{3}{4}$, que es el coeficiente de que ordinariamente debe afectarse el resultado para obtener el verdadero y práctico efecto útil de la máquina.

Hasta hace algunos años se movian casi siempre los fuelles de piston por medio de turbinas ó de otra clase de ruedas hidráulicas y de las convenientes trasmisiones de movimiento; pero en el dia, la mayor parte de ellos marchan á vapor, y en este caso, la disposicion más sencilla es poner ambos émbolos, el del fuelle y el de la máquina de vapor en un mismo vástago; porque de esta manera no hay necesidad de intermedio alguno, y se pierde naturalmente mucha ménos fuerza; es necesario, sin embargo, tener muy en cuenta que para conseguir esto se necesita indispensablemente que el fuelle esté colocado de la misma manera que la máquina de vapor, y que si por falta de espacio ésta no puede ser horizontal, no puede darse al fuelle esta disposicion.

Por otra parte, las máquinas verticales presentan un inconveniente de mucha consideracion. Como los émbolos son, segun se ha indicado ántes, de hierro colado, su peso es de bastante entidad si los fuelles son grandes, y

á consecuencia de esto bajan con mucha más facilidad que suben, puesto que al bajar el peso del émbolo ayuda al movimiento y al subir le detiene. Se remedia este inconveniente en algun modo, haciendo que el volante tenga tambien más peso en una mitad que en otra, á fin de que favorezca el movimiento cuando el émbolo del fuelle le detiene y viceversa; pero no se consigue nunca en absoluto regularizar la marcha.

En cambio las máquinas horizontales no sólo necesitan un gran espacio si uno de los cilindros ha de estar á continuacion de otro, especialmente cuando las corridas son bastante grandes, sino que los vástagos se pandean algo, lo cual embaraza tambien el movimiento y deteriora rápidamente las cajas de estopas. Para combatir este pandeo se colocan en los intervalos de los cilindros correderas con cajas de estopas ó se hacen las prensas muy largas; pero estos medios tienen á su vez el inconveniente de que aumentan la longitud de la máquina, y por consiguiente el espacio necesario para su instalacion. Es preferible, por tanto, cuando se construyen los fuelles, aumentar algo el diámetro y reducir la corrida, que para este objeto no debe nunca llegar á 2 metros, y que conviene no pase de 1,^m50.

En los fuelles de piston verticales se puede colocar á voluntad el cilindro motor encima ó debajo; pero casi siempre conviene ponerle en esta última situacion.

Fuelles hidráulicos.—Desde luégo se comprende que si puede construirse un aparato en que el espacio donde se recoge el aire se cierre por medio del agua, como ésta tapa herméticamente la salida, y como además produce un rozamiento insignificante, se habrá conseguido un resultado muy conveniente. Esta consideracion ha llevado á los fundidores á construir los llamados *fuelles hidráulicos*, que son aquellos en que el agua es la que separa el espacio donde ha de comprimirse el aire del resto de la atmósfera. Sin embargo, se ha visto posteriormente que en esta clase de fuelles por una parte el aire se cargaba de una gran cantidad de vapor de agua, inconveniente para algunas operaciones, y por otra el movimiento que tomaba el líquido cuando la presion habia de ser considerable, hacía que muchas veces saliera por el portaviento, lo cual era peor todavía. Por estas razones no se han generalizado nunca mucho, aunque se han establecido, sin embargo, en algunos puntos del extranjero, especialmente en Alemania.

El único fuelle hidráulico que por su fácil y

barata construccion, y por no presentar inconveniente grave que el aire salga un poco húmedo, ha tenido más aplicacion, ha sido el llamado *trompa ó roncadera*, que se emplea muchísimo en las forjas catalanas, y que recibe el último nombre en virtud del ruido que ocasiona.

Una trompa consta de un depósito de agua *d.*, fig.^a 14., colocado á un nivel de 5 á 10 metros por cima de la fábrica á que ha de aplicarse: de una columna hueca *A* por donde pueda caer el líquido, y de un receptáculo inferior *D* donde se reúne el aire comprimido y del cual sale el portaviento. La fig.^a 14 da una idea de la disposicion de este aparato: *d* es el depósito de agua superior, que segun se acaba de decir, ha de estar por lo ménos á 5 metros de altura; *A* la columna ó árbol, y *D* el depósito inferior del cual sale el portaviento *P*. El agua del depósito superior, que debe estar siempre casi lleno, cae por el interior del árbol, en cuya parte superior hay una serie de orificios *a a'* llamados *aspiradores*, y encima de ellos un estrechamiento en el árbol, que se llama *estrangol*. El estrangol es unas veces un verdadero estrechamiento del árbol todo, y otras está formado por una especie de embudo *e* que se introduce en el árbol y hace que la seccion de la columna líquida en esta parte sea más pe-

queña que la interior de aquel. Por virtud de esta disposicion, el agua comunica lateralmente su movimiento al aire que la rodea, y al marchar éste con el líquido por el árbol abajo produce una aspiracion, y la consiguiente entrada de aire por los agujeros *a a'*. Un tapon cónico de madera *t* unido á un vástago vertical que le permite bajar y subir, arregla la salida del agua.

Al final del árbol se halla el depósito *D*, que no tiene fondo, pero cuya parte baja se encuentra sumergida en un estanque generalmente de mampostería *E*. A plomo del chorro de agua que baja por el árbol hay un tablero horizontal, ó lo que es mejor, una especie de caballete *C* formado por dos tableros inclinados, llamado *de-lantal*, y á veces sólo una gran piedra, donde viene á chocar el agua, separándose del aire que habia arrastrado. La primera va saliendo poco á poco del estanque *E* por un orificio lateral; el segundo ocupa la parte superior del depósito *D* y á medida que va entrando en éste mayor cantidad, va haciendo que por la diferencia de presion se eleve el nivel exterior hasta *N*, quedando el interior en *n*: cuando esta diferencia basta á vencer las resistencias que se oponen á su movimiento, sale el aire por el conducto *P* al horno.

Las trompas se pueden hacer de hierro colado ó de palastro; pero lo más comun es hacerlas de madera como la indicada en la figura. Para que produzcan el mejor efecto posible, conviene que tengan las proporciones siguientes. La altura del agua en el depósito superior por cima del estrangol debe ser próximamente $\frac{1}{10}$ de la altura total de caída; para caídas de 5 metros conviene que sea de 45 á 60 centímetros, y para caídas de 8 á 10 metros, de 80 centímetros á un metro. El diámetro del estrangol no debe exceder de 10 á 15 centímetros, y el del árbol de 16 á 24; por lo tanto, si no basta con un sólo árbol de este diámetro, en vez de aumentar su seccion, se deben poner dos, tres ó cuatro: los aspiradores deben tener una seccion que en junto sea de 60 á 80 centímetros cuadrados. El volúmen de aire que suministra una trompa en estas condiciones, es poco más ó ménos igual al de agua consumida, y su presión de 6 á 8 centímetros de azogue.

En los puntos montañosos donde existe gran abundancia de agua, y donde se obtienen con facilidad desniveles de 8 y 10 metros, este aparato es de muy buena aplicacion, especialmente en los casos en que la presión del viento no necesita ser más de 6 á 8 cents. de azogue.

De algunos años á esta parte se han construi-

do algunas trompas alimentándolas en vez de agua con un chorro de vapor ó de aire comprimido, cuyo movimiento se comunica tambien lateralmente al aire que rodea el estrangol, y, que como es natural, no necesitan depósito inferior, sino que van directamente al portaviento; pero son aparatos que hasta el presente han tenido pocas aplicaciones.

Fuelles giratorios.—Otro género de aparatos soplantes aplicables cuando no hacen falta grandes presiones, son los *ventiladores*. Constan éstos, de una caja, generalmente de palastro, de forma cilíndrica, en cuyo interior se mueve un árbol con paletas, generalmente planas, y en número de 4 á 10. El movimiento muy rápido de estas paletas hace el efecto de otros tantos abanicos, es decir, comprime el aire hácia la parte curva de la caja, y origina una aspiracion hácia el eje. El aire entra por consiguiente por dos orificios centrales que hay en las tapas de la caja, que se llaman *los oídos*, y en cuyo centro está sostenido el eje por una cruz de hierro, y sale por un agujero cuya anchura es igual á la de la caja, colocado en la superficie lateral de ésta y en comunicacion con el portaviento. Si en estos aparatos se ha de obtener la corriente necesaria para alimentar un horno, es necesario que su velocidad sea muy grande; así es que se les ha-

ce marchar por lo comun á razon de 1.500 á 2.000 vueltas por minuto.

Generalmente se hacen los ventiladores con las paletas colocadas cada una sobre dos varillas que salen del eje, y de modo que no pasen del borde de los oidos; pero hay algunos en que arrancan del eje mismo, con los cuales se obtiene mejor efecto útil, y se evita el desagradable silbido que los otros producen.

Las dimensiones ordinarias de los ventiladores son de 80 centímetros á un metro de diámetro y una anchura de 10 á 20 centímetros. El diámetro de los oidos debe ser de la mitad ó algo más del diámetro del ventilador; y el espacio hueco entre las paletas y las caras interiores, que debe ser muy pequeño en los ventiladores de paletas cortas, puede elevarse hasta 4 ó 5 centímetros en aquellos en que las paletas parten del eje. Un ventilador de 80 centímetros de diámetro y 20 de anchura, con un orificio de salida de 20 centímetros por 14 y que dé 1.500 vueltas por minuto, puede suministrar un volúmen de viento de $1, m^3 62$ en la misma superficie del aparato, y de los $\frac{3}{4}$, ó los $\frac{2}{3}$ solamente si el conducto portaviento tiene siquiera 8 ó 10 metros de largo.

Los ventiladores no producen el viento con una presión considerable, y por este motivo no

serven en aquellos casos en que ésta debe ser más de 2 centímetros ó 2 y medio de azogue, lo cual disminuye mucho su aplicación: sin embargo, combinándolos unos con otros, es decir, haciendo que el aire lanzado por uno sea aspirado por otro, y el de éste segundo por otro, se ha conseguido aumentar la presión hasta cerca de 9 centímetros de azogue, lo cual es ya bastante para alimentar un horno alto.

Hace diez ú once años ha empezado á construirse otro género de fuelles giratorios, parecidos á los ventiladores por su forma exterior, pero que no lanzan el viento como estos, en virtud de la fuerza centrífuga que le comunica el movimiento circular rápido de las paletas, sino por una verdadera compresión ejercida sobre él por las partes sólidas del aparato. Estos ventiladores están representados en la figura 15. Constan de una caja de palastro ó de hierro colado, en cuyo interior se hallan dos alas ó piezas en forma de 8, *a b*, formadas por duelas de madera bien acomodadas sobre armaduras de hierro provistas de sus correspondientes ejes, *G G*, alrededor de los cuales giran en el sentido marcado por las flechas, apoyándose siempre una sobre otra. En la caja hay un tubo *S* que constituye el principio del portaviento y una abertura *A* para la entrada del aire. Si se supone

el ventilador en la posición que indica la figura y se imagina el movimiento de sus alas, se verá que el aire comprendido en el espacio *M* entre el ala *A* y la superficie interior de la caja se verá obligado á salir por *S* empujado por la parte inferior del ala; y lo mismo le sucederá al aire encerrado en el espacio *N* empujado por el ala *B*. Cuando el extremo *E* de ésta llegue á la parte baja y toque á la cubierta en el punto *P*, quedará encerrado á la derecha de la figura un volúmen de aire como el que queda á la izquierda en la posición inicial, y por consiguiente, continuando el movimiento, saldrá también por *S*, siendo reemplazado al otro lado del ala por el que entra por *A*. El efecto útil de estos aparatos es muy grande, y se cree que es casi doble del que producen los ventiladores. No marchan más que á una velocidad de 200 á 400 vueltas por minuto, y con un ancho de 2 metros y una longitud de 90 centímetros; en las alas pueden dar de 55 á 60 metros cúbicos de aire por minuto á una presión débil de 30 á 32 milímetros de azogue.

Este género de aparatos, á pesar de ser tan modernos, se usan mucho en Inglaterra, en los Estados-Unidos de América y en algunos puntos de Alemania.

A consecuencia de la manera con que están

construidos y de la lentitud de su movimiento, no necesitan engrasarse por dentro como los fuelles de piston; y esto produce tambien una ventaja indudable, porque cuando hay en los aparatos grasas, el polvo que se introduce en su interior se adhiere á aquellas y ejerce una accion destructora de mucha entidad, dificultando tambien el juego de las válvulas, etc., cosa que no puede suceder en estos, porque como se ha visto, no tienen válvula alguna.

Reguladores.—Cualquiera que sea el aparato que se emplee para dar viento á los hornos, siendo uno sólo, no puede producir una corriente tan uniforme como hace falta en muchos casos. Y este defecto se hace notar principalmente en los fuelles de piston, que son los que se emplean en los aparatos metalúrgicos de más importancia.

Puede remediarse este mal poniendo en vez de un solo fuelle tres, cuyos émbolos estén unidos á un árbol motor de tal manera, que cuando uno de ellos hace el efecto medio, otro haga el máximo y otro el mínimo; pero esta disposicion es muy cara, porque exige la construccion y el entretenimiento de tres fuelles para producir el efecto que se obtendria mucho más económicamente con uno de triple volúmen. Para obtener la regularidad de la corriente de

viento en el horno, sin acudir á este medio, se colocan en el trayecto del viento desde el fuelle hasta el horno, unos aparatos llamados *reguladores* que retienen momentáneamente el viento, y le dan luego salida con una presión que, si no es absolutamente igual en todos los instantes, experimenta variaciones de poquísima entidad que no influyen en la marcha de los hornos.

Segun que el volúmen de los reguladores permanece siempre el mismo, variando ligeramente la presión, ó que el volúmen varía, manteniéndose la presión sensiblemente igual, se dividen en reguladores de volúmen constante y de volúmen variable, pudiendo en este último caso ser de émbolo ó hidráulicos.

Reguladores de volúmen constante.—Estos están constituidos por una capacidad, limitada unas veces por chapas de hierro unidas por rebobles, y otras por muros, cuya capacidad es de 20 á 40 veces mayor que la del fuelle de piston á que se aplica. Si la velocidad de éste no pasa de 1,^m á 1,^m 20 por segundo, basta que tenga de 20 á 25 veces el volúmen del fuelle; si la marcha de éste es de 1,^m 20 á 2 metros, hace falta que el regulador sea 30, 35 y hasta 40 veces mayor; lo cual conduce, en los casos ordinarios y cuando no hay más que un

fuelle y un horno, á un volúmen de 100 á 200 metros cúbicos.

Generalmente se emplean los de chapa de hierro, y en este caso, como la esfera es el cuerpo que á igualdad de superficie contiene mayor volúmen, se les da casi siempre esta forma, puesto que con ella se consigue emplear ménos chapas y ménos uniones para conseguir el mismo efecto. Sin embargo, circunstancias especiales pueden hacer conveniente que se adopte la forma de cilindros terminados por hemisferios, que unas veces, cuando hay poco espacio, se ponen verticales y otras horizontales.

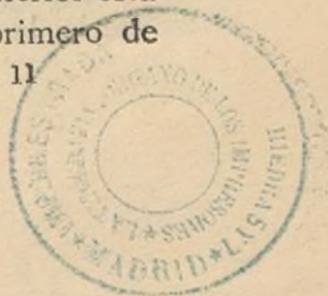
A veces, y con objeto de evitar casi por completo el gasto que ocasiona construir el regulador, se hace que sirvan para el objeto los mismos tubos que han de conducir el viento del fuelle al horno, á los cuales se da, segun su longitud, la seccion necesaria para que tengan un volúmen 20, 30 ó 40 veces mayor que el aparato soplante.

Cuando hay diferentes hornos y cada uno tiene su fuelle de piston, pueden reducirse notablemente las dimensiones del regulador, colocando los émbolos de los fuelles de la manera que se ha indicado hace un momento; pues en este caso la disposicion de los fuelles por sí sola constituye un regulador.

Los reguladores de palastro tienen el inconveniente de ser caros; de ocupar un espacio considerable próximo á los hornos, dificultando la circulacion de los obreros, menas, combústibles, etc.; y de estar sujetos á oxidarse y destruirse fácilmente, áun cuando se tenga la precaucion de cubrirlos con una capa de alquitran. Si para evitar que ocupen mucho sitio se colocan al aire, sostenidos por columnas ó piés derechos, como se hace cuando, en vez de un regulador especial, no existe más que un ensanche del portaviento, se comprende que el costo es mayor y que son más trabajosas la inspeccion y las reparaciones.

Por todo esto se ha acudido á construir reguladores subterráneos, que tienen la forma generalmente de bóvedas de cañon seguido, que arrancan directamente del suelo. Si éste se excava con facilidad, el coste de un regulador de esta clase es mucho menor que el de uno de palastro que tenga el mismo volúmen. Hay que construirlos naturalmente con muchas precauciones, á fin de que no pierdan aire, y para ello se recubren de hormigon hidráulico, formando una capa de ménos espesor en el suelo, donde está perfectamente sostenido, que en los costados y en la parte superior; el interior está formado por ladrillos recubiertos, primero de

METALÚRGIA.



una capa de mortero hidráulico y luego de alquitran. Los conductos de entrada y salida del viento, que pueden ser de hierro colado, de palastro ó de mampostería de la misma clase que el regulador, se colocan ó se construyen de manera que sus ejes sean normales á la bóveda en el punto por donde entran en ella.

No obstante la importancia que se da á los reguladores de este género, comparados con los de chapa, hay que tener en cuenta que para establecerlos es condicion indispensable excavar fácilmente y á bajo precio el terreno en que han de hacerse, porque en otro caso, su precio sube de un modo extraordinario.

Reguladores de piston.—Constan estos de un cilindro de hierro colado, —cuya seccion es por lo comun doble de la que tiene el fuelle—abierto por arriba, y en el cual se mueve un émbolo cuya cara superior se carga con pesos proporcionados á la presion que se quiere obtener en el viento. La parte inferior está cerrada y por su tapa llegan al espacio colocado debajo del émbolo, el tubo procedente del fuelle y el que va al horno. Cuando el aire llega con más presion que la normal, levanta el piston y, agrandándose el espacio, queda contrarrestado el efecto en la corriente de salida; si, por el contrario, la presion disminuye, el piston baja y la

salida sigue lo mismo. Este regulador se ha abandonado casi enteramente en vista de que la regularizacion de la corriente no se obtenia por completo, de que era sumamente costoso y de que daba lugar á grandes pérdidas por entre la guarnición del émbolo y el cuerpo de bomba.

Reguladores hidráulicos.—Los reguladores hidráulicos están formados por una campana de hierro, que se coloca invertida dentro de un estanque con agua, es decir, son una cosa muy parecida á los gasómetros que existen en las fábricas de gas; pero á fin de evitar los gastos de instalacion, que son grandes para esta clase de aparatos si la campana ha de ser móvil, se construyen de modo que permanezca fija, y que únicamente la diferencia de volúmen de su interior dependa del nivel que el agua adquiere en ella, que naturalmente es más alto, cuando la presión disminuye, y más bajo cuando la presión aumenta. El viento en estos reguladores, como en las trompas, sale en virtud de la diferencia de los niveles interior y exterior del agua; pero aún dándoles 10 ó 12 veces el volúmen de los fuelles con que están en relacion, no se consigue, si la marcha de estos es un poco rápida, evitar la agitacion del agua, que causa mucho entorpecimiento; además el

viento sale húmedo, como en los fuelles hidráulicos.

Portavientos; busas. — El viento que sale de los fuelles necesita para llegar á los hornos ser conducido por tubos ó canales, generalmente de hierro colado ó de palastro, cuando se trata de presiones considerables; y de zinc, de hojalata y hasta de cuero, cuando el aire es frío, la cantidad pequeña y la presión débil. También se han construido portavientos de mampostería, como los reguladores de volumen constante, pero no ofrecen ventaja.

La sección de los portavientos debe ser circular, para que, á igualdad de superficie, pase por ellos la mayor cantidad de aire posible; y respecto á su diámetro no hay verdaderamente más límite superior que el determinado por el coste y por la mayor exposición que hay á fugas de viento á medida que aumenta el número de juntas. Como mínimo puede indicarse que no ha de llegar nunca á ser tan pequeña como la de las válvulas de salida del fuelle. Cuando el regulador se construye con los mismos portavientos, como se ha dicho en uno de los párrafos anteriores, se les da un diámetro de 2,^m á 2,^m50, colocándolos sobre columnas de hierro á una altura tal que no incomoden para el tránsito alrededor de los hornos.

La longitud, por el contrario, debe ser la menor posible, cuando no se usan como reguladores, y debe procurarse que no tengan ni estrecheces ni cambios bruscos de direccion, en los cuales se aumenta la resistencia, y que estén en puntos fácilmente accesibles para poder reconocerlos y componerlos con comodidad. Si se quiere evitar por completo que entorpezcan el tránsito y para ello se entierran, no debe hacerse esto de modo que queden cubiertos inmediatamente por la tierra, sino que deben estar en tarjeas bastante anchas para que se pueda trabajar en ellas.

Cuando un mismo portaviento ha de servir las busas de varios hornos, se practican en él orificios de los cuales parten tubos suficientemente capaces para tomar el viento necesario á un horno, y luego estos se dividen en ramales correspondientes á las diferentes toberas. La terminacion del portaviento que se llama la *busa*, es un tubo cónico de palastro, que puede entrar más ó ménos en la última parte del portaviento, como los tubos de un anteojo, cuando no está unido á ella por medio de una manga flexible de cuero. Esta disposicion tiene por objeto que la busa pueda retirarse de la tobera y dejar el hueco descubierto, á fin de examinar por él el interior del horno.

Cuando toda la busa es metálica, existe en su parte superior una cremallera, por medio de la cual puede producirse el movimiento.

Los movimientos de la busa no pueden verificarse mientras pasa por ella la corriente de viento; y para poder observar el horno sin detener ésta cuando no es absolutamente necesario, se coloca en la parte vertical del portaviento, frente al orificio de la busa, una plaquita delgada de un mineral transparente que se llama *mica*, á través del cual puede verse el color de la tobera, sin necesidad de retirar los tubos.

Pero cuando no sólo hace falta ver el estado del horno, sino que conviene examinarlo más minuciosamente ó introducir por la tobera alguna herramienta, y el portaviento es comun para varios hornos, es necesario colocar en la parte baja donde comunica el portaviento general con el conducto especial para cada horno, un medio de interceptar la comunicacion, á fin de que se interrumpa la corriente en aquel horno, sin necesidad de interrumpirla al mismo tiempo en los demas. Cuando el viento es frio, basta para el objeto una llave de paso cualquiera, pero generalmente se usan válvulas cónicas que se manejan por medio de largos tornillos, y que aproximándose más ó menos al orificio

que deben cerrar, dejan pasar menor ó mayor cantidad de viento.

¶ Cuando de un mismo tubo vertical han de partir diferentes busas, éste enchufa por la parte superior á la altura de las toberas en otro tubo horizontal de manera que forme una *T*, y de este tubo horizontal parten los diferentes ramales que van á las toberas. Es muy frecuente que exista una válvula cónica en la parte alta del tubo y además una llave especial en cada busa cerca de la tobera.

¶ La parte extrema de la busa, es decir, aquella por donde sale el aire, que generalmente es de seccion mucho más pequeña que el resto del aparato, se llama el *ojo* de la busa. En la mayoría de las ocasiones es circular; pero se le da siempre una forma análoga á la que tiene el ojo de la tobera, haciendo que tenga algunos milímetros ménos en ancho y largo, para que el viento no choque contra la tobera y se detenga, y al mismo tiempo para poder observar el horno por el espacio que queda entre una y otra. Este espacio queda libre en muchos hornos, y así es preciso dejarlo cuando ha de servir para el objeto indicado últimamente; pero cuando en virtud de la mucha resistencia que ofrece la carga al paso del viento, ó por otras causas, parte de la corriente es rechazada al

exterior, se suelen emplear las que se llaman *toberas cerradas*, en las cuales el espacio que media entre la tobera y la busa por la parte exterior se rellena con arcilla ó con un anillo de hierro que se ajusta por la parte exterior en la primera y por la interior en la segunda.

§ III.

Aparatos para calentar el viento.

Hasta el año 1828 siempre se había inyectado el aire en los hornos á la temperatura ordinaria; pero en esta época un fundidor escocés ideó aplicarle á una temperatura elevada, suponiendo con razon que en estas condiciones se quemaria mejor el combustible y desarrollaria un calor más elevado, permitiendo una economía: y efectivamente, desde esa fecha hay muchas fábricas en que se hace uso de aire calentado á una temperatura que varía entre límites muy extensos: hasta hace algunos años no se pasaba nunca de 300° centígrados; pero desde hace diez ú once años se ha llegado en las ferrerías inglesas hasta 600°, es decir, hasta el calor que se conoce con el nombre de calor rojo naciente, porque á esta temperatura empieza á enrojarse el hierro.

Siendo evidente el principio de que la tem-

peratura obtenida en un horno á igualdad de combustible gastado es tanto mayor cuanto más elevada es la temperatura del aire que alimenta la combustion, podria temerse que la ventaja obtenida fuese nula ó muy pequeña, económicamente hablando, si para calentar el aire era preciso emplear un combustible cuyo precio equivaliera al que se necesitaria emplear en el horno si hubiera de producirse la misma temperatura con aire frio; pero generalmente para la calefaccion del viento no se emplea combustible nuevo comprado para este objeto, sino los gases que salen de un hogar ó de un horno, los cuales unas veces ceden al viento el calor sensible que llevan; y otras, teniendo en su masa elementos combustibles, se emplean en las condiciones ordinarias de un combustible gaseoso.

En algunas ocasiones se ha tratado de calentar el aire mezclando cierta cantidad de éste con los productos gaseosos muy calientes que se desprendian de un hogar; la mezcla resultante tenía una temperatura elevada, y era, sin embargo, propia para la combustion, puesto que en ella existia el aire que se habia mezclado y en el cual permanecía sin alteracion todo el oxígeno, es decir, todo el elemento que sirve en el aire para alimentar las combustiones. Pero las

dificultades que presenta hacer la mezcla del aire y el gas que sale del horno, de manera que tenga siempre la misma composición, y por lo tanto la misma facultad para alimentar el fuego, ha hecho que este sistema se aplique poco.

En el día los aparatos de calentar el aire se reducen á un número no muy grande que se puede dividir en dos grupos. Uno que comprenda aquellos aparatos en que el aire circula por conductos de arcilla ó de hierro rodeados por los gases calientes; otro en que se hace atravesar alternativamente por una serie de ladrillos enrojecidos, el aire, que se calienta enfriándolos, ó la mezcla de gas y aire que se queman al pasar por ellos, y vuelven á elevar su temperatura: es decir, un sistema muy parecido y fundado exactamente en el mismo principio del *regenerador* Siemens.

Los aparatos correspondientes al primer sistema se hacen casi siempre de hierro, y consisten en una serie de tubos encorvados, de sección unas veces circular y otras achatada, cuya forma difiere según el aparato de que se trata, que comunican todos ellos entre sí y que están colocados en el interior de un espacio abovedado de mampostería por el cual circulan los gases calientes, ó en donde se queman los gases combustibles que salen del horno.

La primera condicion á que deben satisfacer estos aparatos es la de presentar una superficie de tubos expuesta á los gases calientes, que sea la bastante para obtener en el aire que circula por el interior de aquellos la temperatura deseada, sin que la temperatura de los tubos exceda del rojo naciente. Para conseguir un buen resultado, es preciso que exista de $1,^m^2$ 20 á $1,^m^2$ 50 de superficie de tubos para cada metro cúbico de aire que pase por el aparato en cada minuto si la temperatura de éste ha de elevarse á 300° ó 350° ; y si se quieren obtener mayores temperaturas de 400° , 500° ó 600° , hay que dar á los aparatos por cada metro cúbico de aire que pase por ellos al minuto 3, 4 y hasta 5 metros cuadrados.

Se comprende que para conseguir mejor el efecto y aprovechar más completamente el calor de los gases, conviene tambien hacer que estos y el aire caminen en sentidos contrarios, porque de este modo el aire que entra en los tubos frio, por uno de los extremos se pone por el intermedio de los mismos en contacto con los gases cuando estos han perdido ya parte de su calor, y los va encontrando cada vez más calientes á medida que él lo está tambien. Sin embargo, este sistema tiene el inconveniente de que destruye más pronto los aparatos.

Respecto de la seccion y de la longitud de estos es preciso mantenerse entre límites no muy distantes; porque si la longitud aumenta, hay que disminuir la seccion de los tubos, y si bien de esta manera se consigue calentar más fácilmente el aire, por razones análogas á las indicadas al hablar de los condensadores, es decir, porque la temperatura del recinto se trasmite más pronto á toda la masa de aire, en cambio se aumenta notablemente el rozamiento del aire en el interior del tubo, y esto hace perder una parte muy notable de la presion que lleva; algunas veces más de una tercera parte de la presion con que el fuelle lanza el viento se pierde en este género de aparatos. Generalmente tienen de 15 á 20 centímetros de diámetro.

Como los aparatos se han de formar de diferentes piezas, y éstas se han de unir entre sí, conviene, para evitar en lo posible pérdidas, colocar las juntas en los puntos donde las llamas puedan deteriorarlas ménos. Además se ha visto que son más convenientes las juntas por enchufe que las hechas con bridas y tornillos. En todos casos hay necesidad de usar en ellas un mastic que resista bien al fuego: generalmente se usa uno compuesto de 3 ó 4 partes de limaduras de hierro colado y una de arcilla amasa-

das con un poco de vinagre ó con una disolucion concentrada de sal amoniaco.

Respecto á la colocacion de los tubos en estos aparatos, se debe observar que los tubos horizontales aprovechan mejor el calor que los que se colocan verticales ó inclinados, y pueden colocarse de modo que las juntas estén ménos expuestas á la accion del fuego; pero duran ménos, sobre todo los colocados en el punto por donde vienen los gases calientes ó en el que se queman, porque su peso á la temperatura elevada á que se hallan, contribuye á que se encorven y se hiendan. Tambien se prestan mejor á que las corrientes vayan encontradas. Los tubos verticales pueden hacerse más delgados, y por consiguiente, se prestan mejor á que la corriente de viento se caliente más pronto y tambien se oxidan ménos; pero aprovechan peor el calor, y es más difícil hacer que en ellos las corrientes del gas caliente exterior y del aire interior vayan encontradas.

Al principio se hicieron los aparatos de calefaccion formados de tubos horizontales, colocados en filas sobrepuestas, y unidos entre sí por medio de otros tubos en forma de semicírculo; pero cuando la práctica hizo ver los inconvenientes que se han indicado, se construyeron ya otros formados por dos tubos co-

locados horizontalmente en un espacio abovedado, de los cuales salen otros en forma de herradura prolongada ó de una U invertida, cuya forma es semejante á la seccion de la bóveda, y que distan de ésta de 20 á 25 centímetros. El espacio entre dos tubos en U es tambien de 20 centímetros. El aire frio viene por uno de los tubos horizontales y sale por el otro, calentándose en el trayecto del primero al segundo por los tubos en U.

Esta forma presenta en la práctica inconvenientes de alguna entidad, especialmente por la dificultad de moldear piezas curvas, huecas y que tengan un grueso uniforme; para remediar esto se hañ construido tubos rectos y verticales de seccion elíptica que divide en dos partes iguales un tabique central t , colocado en el sentido de su longitud, y que no llega al extremo superior. Los tubos están cerrados por esta parte, y por la de abajo comunican con dos cajas horizontales CC , una para cada mitad, como representa la fig.^a 16. En ésta no aparece más que la mitad del aparato; á la izquierda hay otro igual, con el que se comunica por el tubo T .

Todos estos aparatos de tubos verticales llevan el nombre de la primera fábrica en que se aplicaron, y se conocen bajo la denominacion

de *Aparatos Calder*, más ó ménos modificados, y á este género pertenecen los que se usan en las fábricas de La Constancia, en Málaga; Bolueta, en Vizcaya; La Felguera, Quirós y Vega, en Oviedo. Tambien los hay de tubos verticales divididos por medio, en Mieres (Oviedo), y de tubos horizontales, en que el viento recorre el trayecto total de los tubos, en el Pedroso (Sevilla), Guriezo (Santander) y Baracaldo (Vizcaya).

La segunda clase de aparatos de calefaccion, ó sean los fundados en el regenerador Siemens, no difieren realmente de los explicados en la pág. 124, como es natural, puesto que tienen exactamente el mismo objeto; y por consiguiente, no es necesario insistir acerca de su disposicion.

Casi siempre el combustible que se emplea para el objeto de calentar el aire que se ha de inyectar en los hornos es, como ya se ha dicho, el que procede de los hornos mismos; pero sin embargo, en todos ellos hay una rejilla dispuesta para quemar combustible sólido cuya accion ayuda la de los gases, pero que naturalmente se consume en cantidad muy pequeña, relativamente á la que se gastaria, si no se aprovecharan los productos gaseosos.

§ IV.

Tomas de gas.

Si los gases que se desprenden de los hornos de fundicion, especialmente los correspondientes á los hornos altos en que se fabrica hierro colado, han de aplicarse á la calefaccion del aire inyectado en los mismos hornos ó á otros usos semejantes, es claro que el tragante de estos deberá estar preparado convenientemente para que, en vez de escaparse aquellos gases á la atmósfera, pasen á conductos desde los cuales salgan á los puntos en que se deben quemar.

Los gases que se desprenden de los hornos altos en que se fabrica el hierro se componen naturalmente de los elementos que contiene el aire que se inyecta en ellos por las toberas, modificados en parte por la accion del mineral y del carbon en el interior del aparato. El aire atmosférico está compuesto, como ya se sabe, de 79 partes en peso de nitrógeno y 21 de oxígeno próximamente: éste se combina con el carbon formando dos compuestos que se diferencian entre sí por la cantidad relativa de ambos cuerpos: uno, que se llama ácido carbónico, contiene la mayor cantidad de oxígeno que con

el carbono se puede combinar; es decir, 266 partes de oxígeno por cada 100 de carbono; el otro sólo tiene para las mismas 100 partes de carbono, 133 de oxígeno, y por consiguiente, es susceptible de arder todavía para combinarse con las otras 133, desarrollándose en la combustion una cantidad de calor bastante considerable. Uno y otro de estos compuestos entran á formar los gases desprendidos del horno, en union de algunos otros cuerpos semejantes al gas del alumbrado y del nitrógeno del aire que permanece casi completamente inerte en las reacciones; pero la cantidad del gas combustible es siempre, en volúmen, más de la cuarta parte de la cantidad total del gas: es decir, que si los gases tomados en la parte superior ó tragante de un horno alto se mezclan bien con aire atmosférico á una temperatura elevada, arden y desarrollan una notable cantidad de calor que sería completamente perdida si los gases escaparan á la atmósfera. Con el objeto de aprovechar esta cantidad de calor, se disponen los tragantes de los hornos de tal manera, que puedan recogerse en su totalidad, ó en su mayor parte al ménos, los gases que en ellos se forman; y llevando despues estos gases por medio de conductos convenientemente dispuestos á la parte exterior de los aparatos de calentar el aire.



ó á la parte baja de calderas de vapor; etc., se puede evitar un gasto considerable de combustible.

La corriente gaseosa que asciende por el interior de los hornos, se dirige de preferencia por la parte de los mismos que está próxima á la pared, mientras que la carga sólida descende preferentemente por el centro: y de esta circunstancia se ha sacado partido para aprovechar los gases sin cerrar por completo el tragante de los hornos. Los aparatos de toma de gases se dividen por esta razon en aparatos de *tragante abierto* y de *tragante cerrado*.

Aparatos de tragante abierto.—Consisten estos en aberturas practicadas en la parte superior de la mampostería de los hornos, con una fuerte inclinacion hácia la parte interior, á fin de que los trozos de mineral ó de carbon que al hacer las cargas puedan llegar á ellos, en lugar de detenerse y obstruirlos como podria suceder en el caso de que fueran horizontales, caen por su peso resbalando por la gran pendiente, que segun se ha dicho tienen, áun en el caso de que hubieran podido penetrar en la entrada de los mismos, á consecuencia de un impulso lateral.

Todas estas aberturas se reunen en una galería circular practicada en el espesor de la

mampostería y que rodea el horno, teniendo en uno de sus lados un conducto por donde los gases van á los puntos en que se aprovechan. La tendencia que acaba de indicarse que tienen los gases á subir lamiendo las paredes del horno y la aspiracion provocada por una chimenea de bastante altura, determinan la salida de los gases por las aberturas superiores de la cuba y su marcha por los conductos indicados.

En otras ocasiones hay en la parte alta de la cuba una especie de guarnicion de hierro colado que se separa 15 ó 20 centímetros de la mampostería y que está unida á ella por medio de un disco anular que cierra por arriba el espacio que media entre ambas: en este espacio se reunen los gases, y de él salen, como en el caso anterior, por medio de conductos, al aparato que los ha de utilizar, á cuyo extremo existe una elevada chimenea.

Aparatos de tragante cerrado.—En estos, segun indica su nombre, el tragante del horno está cerrado por completo, y los gases que se introducen en la cuba por las toberas se ven obligados, en virtud de su misma presion, á salir por un tubo lateral que los lleva á donde hacen falta.

El más sencillo de estos aparatos es una tolva ó gran embudo de hierro, colocado en la

parte superior del horno, y que tiene dos compuertas del mismo metal, una en la parte alta y otra en la parte baja, ambas movibles en sus correspondientes correderas. Cuando se quiere cargar el horno se abre la compuerta superior y se introduce en la tolva la carga; se cierra despues y se abre la inferior: la carga cae de este modo al horno, sin que los gases, detenidos al principio por la compuerta inferior y al fin por la superior, puedan tomar otro camino que el tubo lateral indicado.

Tambien se usa mucho, sobre todo en Inglaterra, el aparato llamado *tolva y cono*, que es el representado en la fig.^a 17. Encima del tragante *T* del horno existe tambien una tolva *T'*, cuya parte inferior descende á un nivel algo más bajo que el superior del tragante. En esta parte inferior se ajusta el cono *C*, en cuyo vértice hay una cadena que le sostiene, y por medio de unas palancas ó de una polea, como aparece en la figura, se le hace bajar y subir á voluntad. Cuando se va á cargar, se llena la tolva con el carbon, los minerales y los fundentes, y cuando hay en ella la cantidad necesaria, sostenida, como es natural, en el cono, se baja éste: la carga se precipita en el interior del aparato por el espacio que queda entre el cono y la parte inferior de la tolva; y en el momento

en que toda ella ha caído se vuelve á levantar el cono, y queda todo dispuesto para una nueva carga.

Este aparato tiene la ventaja de hacer la carga por la parte lateral del horno, lo cual es de mucha importancia; pero tiene el inconveniente de que si la cadena se rompe por casualidad, no hay medio de recoger el cono que queda sobre la carga, y descendiendo con ella se funde en la parte baja de la cuba. Para evitar este inconveniente se han construido algunos aparatos en que el cono, en vez de estar debajo de la tolva, como en el de la figura, está por encima de ella, y por consiguiente, si la cadena que le da movimiento se rompe, queda en disposición de remediarse fácilmente la avería; pero este sistema tiene también sus defectos: en primer lugar, el movimiento del cono es más difícil, puesto que se ha de levantar con la carga, en vez de hacerlo cuando no hay nada sobre él; y en segundo lugar tiene á hacer la carga por el centro. Esto último puede remediarse haciendo que la tolva tenga mucha inclinación, es decir, que sea casi tan ancha por abajo como por arriba, porque en este caso la inclinación que sus paredes imprimen á los trozos de mineral ó de carbon que caen es casi insignificante.

§ V.

Montacargas.

Mientras los hornos se mantienen en la categoría de los hornos bajos, es decir, mientras ~~no~~ pasa su altura de 2 metros, las cargas se hacen en ellos con gran facilidad por medio de cestos ó de espuestas que el obrero eleva á mano hasta el tragante del horno y arroja por él en el interior. Cuando la altura no pasa de 3 metros ó 3,^m50, basta una gradilla colocada en la parte trasera ó lateral, á la cual sube el obrero con la carga ó en la cual permanece, tomando los receptáculos cargados que otro le alarga desde abajo é introduciéndolos en el horno del mismo modo que acaba de decirse.

Pero en aquellos aparatos, cuya altura es ya de consideración, y en los cuales tambien las cargas representan pesos de muchos quintales, es necesario recurrir para elevarlas á la altura del tragante, á aparatos especiales, que reciben el nombre de *montacargas*.

Los montacargas son de diferentes especies segun la fuerza que se emplea para hacer la elevación, y segun el modo con que están contruidos.

Si en la proximidad del horno existe algun escarpe del terreno, cuya elevacion sea poco más ó ménos la de aquel, se construye entre uno y otro un puente cuyo piso es horizontal ó ligeramente inclinado, generalmente de hierro, pero alguna vez tambien de mampostería, por el cual los obreros conducen las carretillas de mineral unas veces por el suelo del puente y del tragante sin más preparacion, y otras sobre carriles, en cuyo caso los wagoncillos están dispuestos como los volquetes ordinarios para que se puedan vaciar fácilmente.

Cuando el terreno por su forma no permite la construccion de ese puente, pero es muy extenso, no importa inutilizar una gran porcion del mismo y la altura del horno no es muy considerable, se suele construir de madera, de hierro ó de mampostería, un plano inclinado por el cual se suben las carretillas ordinarias ó los wagoncillos. Generalmente se emplean estos últimos, y en este caso hay en el plano inclinado unos carriles *C* y unas plataformas *P*, cuyas ruedas estan colocadas á alturas desiguales para que se mantenga horizontal la parte superior. En el terreno existe un hueco *H*, donde se puede alojar la plataforma, de modo que su parte horizontal quede al nivel del suelo, como indica la fig.^a 18. Cada plataforma está unida á un

extremo de una cadena *K*, que en la parte superior del plano se arrolla en una rueda motriz, y cuya longitud es tal, que cuando una de las plataformas inclinadas está al nivel del suelo la otra se halla al nivel de la plataforma del tragante. Las carretillas se colocan cargadas en la plataforma inferior; cuando la rueda motriz gira ascienden con ella, mientras en la otra bajan las que ya están vacías, y de este modo la fuerza necesaria es únicamente la que hace falta para subir la carga puesto que el peso de la plataforma, de la cadena y de las carretillas ó wagoncillos que suben, está compensado con el de la plataforma, la cadena y los wagoncillos que bajan. Este sistema, sin embargo, se va abandonando porque según se ha dicho ántes exige una considerable extensión de terreno y además porque está sujeto á frecuentes averías que originan costosas reparaciones.

En el día, á fin de aprovechar todo lo posible, el terreno se prefiere hacer la elevación de las cargas por medio de un aparato que las lleve verticalmente hasta la altura del tragante. Para ello se han usado las llamadas *cadena sin fin*, que consisten en una cadena cerrada que pasa por dos grandes poleas circulares ó poligonales colocadas una algo más baja que el nivel del suelo por donde circulan los

wagoncillos de carga, y la otra un poco más alta que el tragante de los hornos. De trecho en trecho lleva esta cadena unos ganchos de los cuales pueden colgarse los wagoncillos.

Poniendo en movimiento la rueda inferior el aparato hace el efecto de una gran noria en que los cangilones fueran movibles. El obrero colocado en la parte baja toma el wagoncillo que le dejan en la proximidad del aparato y le cuelga del primer gancho que pasa; cuando llega á la parte superior le descuelga otro obrero y cuelga en el otro lado uno vacío que subió anteriormente: de manera que en este aparato lo mismo que en el citado ántes tambien se compensa el peso del wagoncillo que sube, con el de otro que baja.

Es sumamente ingenioso el montacargas llamado *montacargas hidráulico* ó *balanza de agua*. En la parte superior de un andamio de madera ó de hierro, cuya altura es un poco mayor que la de los hornos, se halla colocada una polea por cuya garganta pasa una cadena; de los extremos de esta penden dos cajas de palastro grueso, guiadas por correderas en las cuales se apoyan por medio de ruedecillas, cuya capacidad es tal, que puedan contener un peso de agua mayor que el de la carga, y cuya cara superior se puede colocar, cuando es-

tan en la posición más baja, al nivel del suelo del taller y cuando están en la posición más alta al nivel del cargadero; cada caja tiene una válvula en la parte inferior que se abre de fuera adentro, y por la parte superior un orificio por el cual puede llenarse de agua. A la altura del cargadero hay un gran depósito de este líquido, con dos llaves colocadas de tal manera, que cada una corresponda á una de las cajas cuando se halla en la parte superior del aparato. Un tope, colocado en el suelo, dentro del andamio, choca contra la válvula en el momento de bajar las cajas y la abre, dando salida al agua. La marcha del aparato se comprende fácilmente: cuando una caja está al nivel del cargadero, la otra que corresponde al extremo opuesto de la cadena, se encuentra al nivel del suelo, los obreros colocan en ésta las carretillas cargadas de mineral; y mientras lo verifican se mantiene abierta la llave del depósito superior correspondiente á la caja que está arriba, y ésta se va llenando de agua; el aparato se mantiene quieto por medio de un freno. Llena la caja de agua, y colocadas en la parte baja todas las carretillas necesarias, se suelta el freno, y el peso del agua, que como se ha dicho, es mayor que el de la carga, hace que la caja alta descienda y la baja se eleve lle-

vando consigo las carretillas. Cuando la caja descendente llega al suelo, el tope que se ha indicado choca contra la válvula y la abre dando salida al agua; y mientras ésta va corriendo se echa el freno; el obrero que está en la parte alta abre la llave del depósito para que se vaya llenando la otra, y saca de ella las carretillas, volcándolas en el tragante y volviéndolas á colocar sobre la misma caja para que bajen cuando ella. Una vez llena de agua y cargada con las carretillas vacías, se vuelve á soltar el freno y se verifica el movimiento en sentido inverso que la vez anterior, repitiendo de este modo las operaciones.

Las balanzas de agua han sufrido muchas modificaciones en las diversas fábricas en que se han aplicado; pero en su esencia están siempre reducidas á lo que acaba de indicarse. Para que un montacargas hidráulico tenga buena aplicación, es necesario que se pueda disponer de agua á la altura del cargadero, sin tener que elevarla hasta él por medios mecánicos.

Los montacargas de vapor consisten por regla general en tambores colocados en la parte alta y en la parte baja de un andamio de madera ó de hierro, enlazados por medio de una cadena sin fin, á la cual están unidas con ganchos las plataformas. El vapor, por medio de

una máquina de cualquier sistema que actúa sobre su árbol, hace girar uno de los dos tambores, y comunica el movimiento á la cadena y á las plataformas. En muchas es continuo el movimiento del tambor; pero el obrero hace que se comunique ó no á la cadena sin fin, valiéndose de un embrague.

A pesar de la economía con que se puede obtener vapor en la inmediacion de los hornos altos, utilizando para ello los gases perdidos, no suelen tener muy buena aplicacion tampoco los montacargas de vapor.

Los montacargas que mejores condiciones presentan por la regularidad de su movimiento, por la dificultad con que se descomponen y por su fácil manejo, son los neumáticos. Para estos se utiliza como fuerza motriz una parte del viento, que producen las máquinas soplantes con un pequeño exceso respecto al necesario para alimentar el horno.

Un aparato de esta clase consta, como indica la fig.^a 19, de un pozo *P*, practicado en el suelo del taller, cuya profundidad es 2^m50 ó 3^m mayor que la altura del horno. Dentro de este pozo se introduce un tubo *T* de palastro grueso, de 1^m50 á 2^m de diámetro, cerrado herméticamente por la parte superior, y cuyas juntas están perfectamente hechas, de manera que

sean impermeables al aire. Este tubo está guiado por medio de rodillos de hierro, y en su parte superior hay sujeta una plataforma *P* de madera, de forma cuadrada ó rectangular, bien sujeta por medio de jabalcones ó palomillas de hierro que apoyan lateralmente en el tubo. En las esquinas de esta plataforma hay unas ruedecillas *R R* que corren por carriles de hierro colocados en un andamio *AA*, que se eleva en la parte superior del pozo, y de modo que su eje coincida con el de aquel, hasta la plataforma del cargadero. La plataforma móvil *P* del tubo *T* está suspendida de dos cadenas *CC*, que pasan por unas poleas colocadas en la parte superior del andamio, y á cuyo extremo hay unos contrapesos capaces de equilibrar el peso del aparato.

Por la pared del pozo baja un tubo fuerte de hierro colado *VVV*, que está en comunicacion con el conducto general del viento, pero en cuya entrada hay una válvula *S*, que permite á voluntad cerrarle por completo ó hacerle comunicar con la atmósfera. Al llegar al fondo del pozo se encorva el tubo *V* formando una *U*, de manera que su extremo venga á estar próximamente al nivel del terreno, pero dentro del tubo de palastro; y por último, cerca del fondo del pozo está colocado un fuerte suelo de maderos

M, sobre los cuales puede descansar el aparato cuando está en la parte baja la plataforma. El pozo está lleno de agua hasta 1^m50 ó 2 metros por bajo de su boca.

Suponiendo todo el tubo de palastro introducido en el pozo, la plataforma móvil *P* se encuentra al nivel del suelo y pueden colocarse en ella las carretillas ó wagoncillos con la carga. Cuando lo están ya, el obrero que ha de subir con ellos, por medio de una varilla que corre á lo largo del andamio en que se apoya el aparato, da entrada por el tubo de hierro colado *V*, al viento que viene de la máquina sopiante, y la presion de éste ejerciéndose sobre la base superior del tubo de palastro le hace ir elevándose poco á poco hasta llegar á la altura de la plataforma superior del horno: llegado á esta parte, el obrero cierra la válvula *S* y saca de la plataforma móvil las carretillas, volcándolas y volviéndolas á poner en ella despues de vacías, ó dejándolas en la proximidad del tragante, y reemplazándolas en la plataforma móvil por otras desocupadas ya. En seguida abre por medio de la varilla y la válvula *S*, la comunicacion del tubo con la atmósfera, y en virtud del peso del hombre y de las carretillas vacías, el aire contenido en el interior del tubo escapa y la plataforma móvil desciende con un

movimiento tanto más rápido, cuanto mayor salida se da al aire; cuando falta poco para llegar abajo, se cierra la válvula *S* casi por completo, y así se consigue evitar un choque brusco de la parte inferior del tubo con los maderos *MM*.

La disposición de este aparato es tan sumamente sencilla, que las roturas y descomposiciones son muy raras en él, y si la presión del viento es algo considerable, se consigue un resultado excelente, sin que apenas se aumente el gasto de viento, relativamente al que se necesitaria sólo para alimentar los hornos.

En otras fábricas se han establecido aparatos neumáticos que se diferencian algo de éste, y en los cuales el principal objeto que se trata de obtener es el de acortar las dimensiones del cilindro ó campana donde se recibe el viento; pero todos estos aparatos son mucho más complicados, y por lo tanto carecen de la ventaja que presenta en el que se ha descrito la dificultad de que se rompa ó deteriore.

CAPITULO V.

PRIMERAS MATERIAS EMPLEADAS EN LAS OPERACIONES
METALÚRGICAS.

I.

Generalidades.—Menas.—Fundentes.

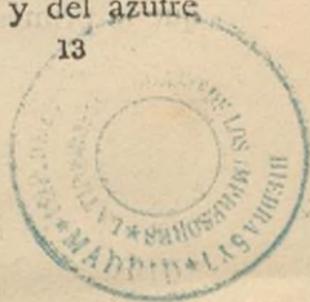
Generalidades.—Para obtener los metales se necesitan en primer lugar las *menas*, es decir, aquellos minerales que los contienen en condiciones á propósito para extraerlos con facilidad y economía; pero hacen falta tambien otras sustancias que, mezcladas con las menas, produzcan la escorificacion ó la fusion de las gangas y de las menas mismas, interviniendo generalmente tambien en las reacciones en virtud de las cuales, los cuerpos que estaban combinados con los metales, los abandonan para combinarse con otros, dejándolos desde luégo en el estado en que se introducen en el comercio, ó formando una combinacion tal, que sea más fácil extraerlos de ella que de la primitiva que constituia la mena: estos cuerpos se llaman *fundentes*.

Verificándose la mayor parte de las reaccio-

nes metalúrgicas á una temperatura excesivamente elevada, es claro que han de constituir tambien una primera materia esencialísima aquellas sustancias que nos sirvan para calentar los cuerpos, esto es, los combustibles.

Y por último, pueden considerarse como primeras materias ciertos líquidos ó gases, por cuya reedición se puede conseguir la disolución de determinadas sustancias que forman la parte beneficiable de algunos minerales.

Menas.—Ya se ha dicho más de una vez que se llaman *menas* aquellas sustancias minerales en que los metales se encuentran en cantidad y en condiciones tales que se puedan extraer de ellas con economía: y se ha indicado tambien que, segun sea la naturaleza de las menas, así variarán los procedimientos que se las aplican para obtener los metales. En una mena muy frecuente de cobre, la *chalcopirita*, se encuentra este metal combinado con el azufre y con el hierro: para extraerle de ella es necesario, segun se manifestó en la pág.^a 21, someterla á una calcinacion oxidante, en virtud de la cual parte del azufre se oxida y se convierte en un cuerpo gaseoso que se lanza á la atmósfera, el ácido sulfuroso; parte del hierro se oxida tambien, y el cobre queda en su casi totalidad combinado con otra parte del hierro y del azufre.



cuya cantidad es naturalmente menor que en la mena de que se trata. Cuando despues se funde la mena, el hierro oxidado y las sustancias terrosas que le acompañaban forman una escoria; y debajo de ella aparece en el crisol del horno una sustancia formada de cobre, azufre y hierro en proporciones próximamente iguales, que se denomina *mata*. Repitiendo la calcinacion y la fusion ménos ó más veces, segun la pureza de las menas, se consigue dejar el cobre con una cortísima cantidad de los otros dos cuerpos, que se separa finalmente por un afino.

Pero hay otra mena de cobre, que aún cuando no es tan abundante como la chalcopirita, forma la base del beneficio de este metal en algunas localidades, especialmente en Rusia: esta mena, que se llama segun las proporciones de sus componentes *malaquita* ó *azurita*, consiste en una combinacion de óxido de cobre, ácido carbónico y agua, que se descompone por el calor, dejando como residuo óxido de cobre; éste, en contacto con el carbon en un horno de cuba, se reduce á cobre metálico.

Los citados ejemplos indican claramente cómo varían los procedimientos aplicables á la extraccion de los metales, segun la diferente naturaleza de las menas, y hacen comprender que la primera necesidad para plantear un tra-

tamiento es el conocimiento mineralógico de las menas que se van á someter á él.

En todas las menas hay que distinguir dos partes: la especie mineralógica donde está contenido el metal, y otra porcion *estéril*, unas veces térrea, otras metálica, y las más formada de sustancias correspondientes á una y otra clase, que se denomina la *ganga*, como se dijo ya en la pág. 13. Por más que se sometan las menas á la preparacion mecánica de que se habló tambien en el párrafo I del capítulo II, es imposible separar las gangas por completo; y por consiguiente una parte de ellas va á la fundicion, y es necesario contar con su influencia en las reacciones que se quieren producir.

Las menas se designan generalmente por el nombre del metal que contienen, y cuando existe en ellas más de uno y todos han de beneficiarse, se las llama con los nombres de todos, pero indicando primero aquel que se encuentra en mayor cantidad ó forma el objeto principal del tratamiento. Así se dice, por ejemplo, *menas cobrizo argentíferas; menas de estaño arsenicales; menas de hierro manganesíferas*, etc.

Tambien se distinguen las menas por el nombre de los cuerpos que entran en combinacion con el que forma objeto del beneficio. Los metales se presentan en ellas en diversos esta-

dos. El más sencillo es el llamado *regulino ó nativo*, que es aquel en que el metal no se encuentra en la masa mineral empuñado en combinación química alguna, y sí sólo mezclado con las sustancias estériles que forman sus gangas. Estas menas se designan por el nombre del metal, añadiendo el adjetivo *nativo*. Así se dice *menas de oro ó de bismuto nativo*.

También se presentan algunas veces los metales combinados únicamente con el oxígeno, en cuyo caso las menas se llaman *oxidadas*; pero se da por lo común este nombre á todas aquellas en que existe esta combinación del metal aún cuando no esté aislada y sí combinada á su vez con un ácido. Así, por ejemplo, se llaman *menas oxidadas de plomo* los carbonatos y sulfatos de este metal, que se benefician en Cartagena, y *menas oxidadas de cobre* las malachitas y azuritas, es decir, los carbonatos hidratados de que se ha hecho mención en una *de las páginas anteriores*. Estas menas, que no tienen nunca aspecto metálico, se llaman también *menas terrosas*, y cuando tienen como gangas—cosa muy frecuente—arcillas ferruginosas, *menas ocráceas*.

Una de las maneras más frecuentes de presentarse los metales en las menas es al estado de sulfuros, es decir, combinados directamente

con el azufre. La mayor parte de las menas que con más frecuencia se benefician, pertenecen á esta clase. La *galena* (sulfuro de plomo), la *chalcopirita* (sulfuro de cobre y hierro), la *blenda* (sulfuro de zinc), la *estibina* (sulfuro de antimonio), etc., pueden servir de ejemplos. Estas menas se llaman *menas sulfuradas* ó *menas sulfuradas*.

Tambien se presentan frecuentemente combinaciones de los metales con el arsénico y el antimonio, aunque en estos casos rara vez deja de existir tambien el azufre. Estas combinaciones se designan con el nombre de menas *arsenicales* ó *antimoniales*.

Por último, cuando en la composición de las menas entra cierta cantidad de agua, se dice que son *hidratadas*.

La naturaleza de las gangas hace tambien que se den á las menas diferentes nombres. Así, por ejemplo, cuando las gangas son cuarzo ó sustancias en que entra éste en gran cantidad, se llaman menas *cuarzosas* ó *silíceas*; cuando la ganga es pirita de hierro se llaman *piritosas*, cuando es blenda *blendosas*, etc.

Segun que las menas se prestan más ó menos fácilmente á la fusión, se distinguen tambien con los nombre de *menas fusibles* ó *menas refractarias*.

La riqueza, como es natural, las divide en *ricas* y *pobres*, y el tamaño de los trozos las hace tambien tomar denominaciones distintas. Aquellas que se presentan en trozos como el puño ó mayores, se llaman *gruesos*; las que varían desde el tamaño de una avellana al de una nuez, *granzas* y *gandingas*; las que no llegan al tamaño de avellanas se llaman *arenas*; y *schlichs* (1) cuando no llegan á tener sus trozos el tamaño de la arena ordinaria. Es tambien frecuente designar las menas con el nombre de los aparatos de preparacion mecánica de que proceden; asi se dice *menas de bocarte*, *menas de criba*, *menas de mesa*, etc.

Una de las principales cosas que hay que conocer en las menas es su riqueza: para esto se someten á ensayos, que haciéndose con facilidad, prontitud y economía, dan á conocer con un grado de aproximacion suficiente la cantidad de sustancia beneficiable que contienen.

Para verificar estos ensayos deben existir en las fábricas laboratorios, en los cuales puedan hacerse todos aquellos que se refieren á las menas á cuyo beneficio se dedican; y aún es más conveniente tener un laboratorio montado en

(1) Schlichs, es una palabra alemana que se ha adoptado en todos ó casi todos los demas idiomas: debe leerse *eslij*.

las condiciones precisas para hacer, no sólo los ensayos de las menas que en la fábrica se tratan, sino de menas de todas clases, porque el gasto no es de gran entidad, y de esta manera está el director de la fábrica preparado para resolver cualquier dificultad que en el beneficio se le presente.

Al hablar de cada metal, se indicarán los medios mejores y más expeditos para verificar los ensayos de las menas correspondientes á ellos, y de las operaciones generales relativas á estos ensayos se hablará en el Manual de *Docimasia*.

Hay, sin embargo, una operacion de las más delicadas y difíciles que pueden presentarse en la práctica de los ensayos, de la cual es preciso hablar un poco extensamente. Aunque no es bueno, puede haber algunos casos en que se hagan fuera de la fábrica los ensayos de las menas que en ellas han de beneficiarse; pero es imposible que el fundidor que compra una partida de mineral, no sepa elegir bien la muestra que ha de servir para su ensayo. Si esta no representa con exactitud el término medio de la partida, puede salir grandemente perjudicado ó beneficiado: y ni una ni otra cosa debe suceder.

Cuando las menas se encuentran en trozos de mayor ó menor volúmen; pero de los que se

pueden llamar *gruesos*, es cuando la eleccion de la muestra se hace más difícil. Para elegirla bien, conviene formar en el monton de mineral zanjas de 50 á 60 cents. de anchura, y de toda la altura del mismo que se cortan á escuadra en su centro, y que llegan de un lado á otro. Las menas que se sacan de estas zanjas cuando son muchas, se colocan formando otro monton sobre el cual se procede lo mismo, y las menas sacadas de las zanjas hechas en este segundo monton, se muelen mezclando bien el polvo que resulta, y tomando de él la cantidad necesaria para hacer los ensayos.

Este método se sigue frecuentemente en Inglaterra.

Tambien se puede elegir una muestra que represente bien el término medio de una partida de mineral, tomándola toda ella en paladas ó en espuestas y trasladándola de un punto á otro; pero poniendo en un monton aparte cierto número de paladas tomadas en un orden determinado; por ejemplo, una de cada 100 ó de cada 50. Si el monton formado con estas paladas es muy grande, se vuelve á hacer con él lo mismo que se ha hecho con el primitivo, y la operacion se repite tantas veces como sea necesario para obtener una cantidad pequeña que pueda molerse, tomando luego del polvo bien

revuelto la cantidad que haga falta para el ensayo. Este medio es muy exacto, tanto más cuanto mayor sea el número de paladas que se toman para formar el segundo monton; pero tiene el inconveniente de que exige mucho trabajo.

Tambien se pueden extender las menas sobre un suelo nivelado formando un monton de poca altura y de figura rectangular. Sobre la cara superior del monton se trazan dos series de líneas paralelas, equidistantes entre sí unos cuantos decímetros, y de modo que las de una serie sean perpendiculares á las de la otra. Así se tiene trazada sobre el monton una especie de cuadrícula; se toman para sacar la muestra unos cuantos cuadrados que se hallan situados en distintas partes del monton, y si hay mucha mena en ellos se vuelve á operar del mismo modo, hasta conseguir una cantidad conveniente para molerla.

Cuando las menas se encuentran en estado de arenas ó de schlichs y aún de granzas, la operacion se facilita mucho y basta para obtener una aproximacion suficiente, tomar la muestra reuniendo porciones que se cogen en distintos puntos del monton, y procurando que unas estén más hácia la superficie, otras en el centro y otras en la parte inferior del mismo, en contacto con el piso.

Tomada la muestra, que debe ser en cantidad de 1 á 2 kilogramos por lo ménos, á fin de no exponerse á que falte, si por circunstancias fortuitas hay que repetir los ensayos, se divide en tres porciones, una de las cuales recibe el comprador, otra el vendedor y otra se guarda sellada por ambos para el caso en que no haya conformidad en los resultados obtenidos por uno y por otro; si esto sucede se busca un perito imparcial que decida la cuestion. Este perito en España suele ser la Escuela de Minas, cuyo laboratorio está encargado por el Gobierno de esta especie de arbitraje.

Cuando las menas proceden de preparacion mecánica húmeda, contienen naturalmente una cantidad mayor ó menor de agua, que necesita descontarse del peso del mineral que se compra, porque como la muestra tomada para hacer el ensayo es una cantidad muy pequeña se seca pronto y aparece por lo tanto con la riqueza que corresponde á la mena sola. Si se apreciara por aquella riqueza el contenido del monton se cometeria indudablemente un error. El modo de apreciar esta cantidad de agua es tomar como se ha dicho antes la muestra de la superficie del centro y del fondo del monton en distintos puntos, reunir rápidamente las diversas porciones, pesar unos cuantos gramos (50 ó 100) con

exactitud y secarlos despues en una estufa al baño de maria. Una vez secos se vuelven á pesar y por la pérdida de peso, se calcula el agua que contenian que se descuenta luego del peso del monton.

Generalmente no se acude á este medio, que es sin embargo el más exacto, y lo que se hace es rebajar de 10 á 15 por 100 del peso de la mena como agua contenida en ella.

Conocida por el ensayo la riqueza, es decir, la cantidad de metal que contienen cada 100 kilogramos de mena, conocido tambien el peso del monton, el precio á que se paga en los mercados el metal de que se trata y los gastos que ocasiona su beneficio, se calcula facilmente el precio que puede pagarse por el mineral. Si este tiene el 37 por 100 de metal es claro que en cada quintal métrico no habrá más que 37 kilogramos y que el precio que podrá abonarse por cada quintal de mena será, lo que valgan en el mercado esos 37 kilogramos menos lo que cueste el obtenerlos y conducirlos al mercado, y lo que el fundidor se proponga ganar con su industria.

Es evidente que los gastos que ocasiona el tratamiento de un quintal de mineral no pueden conocerse sino por la experiencia de un tiempo más ó ménos largo de trabajo. Cuando

una fábrica está en actividad hace mucho tiempo se calcula esa cantidad viendo por las cuentas lo que se ha gastado en ella durante un año por todos conceptos; esta cantidad se divide, no por el número de quintales de metal producido, sino por el número de quintales de mena que se han tratado, y el cociente que resulta es lo que hay que descontar del precio del mineral, como gastos de tratamiento.

Á fin de apreciarlo más exactamente, conviene hacer la operacion respecto de 5 ó de 10 años; despues se suman todos los cocientes obtenidos, y la suma se divide por 5 ó por 10, segun el número de años que se hayan considerado; es decir se forma un promedio de los gastos en un quinquenio ó en un decenio.

Respecto á la utilidad, se obtiene dividiendo la cantidad que se quiere obtener en un año por el número de quintales que en ese tiempo se tratan.

Cuando las fábricas son nuevas, estas cantidades se deducen del presupuesto de gastos de tratamiento, ó se toman de otras situadas en condiciones análogas.

Una vez comprado el mineral, se guarda en grandes patios enlosados ó empedrados, recubriéndole de cobertizos tan sólo cuando pueden disolverse ó arrastrarse mecánicamente por

las lluvias cantidades apreciables del metal objeto del beneficio. Cuando su valor intrínseco es muy elevado, ó cuando está en un polvo tan ténue que puede temerse que le arrastre, no sólo la acción de la lluvia, sino también la del viento, se guarda en almacenes completamente cerrados.

Si la disposición de la fábrica y el espacio de que se dispone para almacenes lo consiente, conviene tener separadas y numeradas las diversas partidas de mena, y llevar un libro en el cual aparezcan claramente expresadas las circunstancias siguientes: 1.º procedencia de la mena; 2.º su cantidad; 3.º su riqueza.

Las grandes fábricas que se construyen aisladas de las minas y compran las menas que estas extraen, reciben próximamente uno y otro al año las mismas cantidades de cada mina que las surte; y conociendo estas cantidades, pueden mezclar las menas en las proporciones convenientes para que la composición de las cargas que han de introducirse en los hornos sea constante durante todo él. Supóngase una fábrica, por ejemplo, que recibe minerales de cinco minas distintas colocadas á su inmediación: la primera le vende anualmente 1.230 toneladas; la segunda 500; la tercera 850; la cuarta 200 y la quinta 1.500; se deberán formar las cargas de los hornos

de manera que en todas ellas entre cierta cantidad de mena correspondiente á cada mina, en proporcion á los números que acaban de estamparse.

Esto se consigue fácilmente extendiendo en el patio ó en el almacén una partida de mineral procedente de la primera mina, cuya altura sería, en el ejemplo que acaba de citarse, de 24,6 centímetros; despues se coloca sobre esta capa otra de mena procedente de la segunda mina, cuya extension horizontal sea la misma, y cuya altura sea de 10 centímetros: luego otra de la tercera mina con 17 centímetros de altura; despues otra de la cuarta con 4, y por último otra de 30 centímetros procedente de la quinta mina. Del monton así formado, que tendria en el caso de este ejemplo, una altura de 85,6 centímetros, se va tomando con azadones la cantidad necesaria para las cargas, de manera que el corte producido en el monton que de vertical; y así se tiene la seguridad de que siempre va á los hornos mineral de todas las procedencias mezclado en las proporciones convenientes.

Es fácil, llevando los libros de que se ha hecho mérito en uno de los párrafos anteriores, saber la cantidad anual que la fábrica recibe de cada mina.

Fundentes.—Por muy esmerada que sea la preparacion mecánica á que se sometan las menas, no es posible evitar que vaya á la fundicion una parte muy notable de las sustancias térreas ó gangas que las acompañan. Estas sustancias son en la generalidad de los casos infusibles á la temperatura que en los hornos ha de producirse; y como es casi siempre necesario que las materias que entran sólidas en los hornos salgan de ellos al estado líquido ó gaseoso, es indispensable agregar en las cargas cierta cantidad de sustancias convenientemente elegidas, que combinándose con las gangas de la mena, produzcan unos compuestos fusibles en mayor ó menor grado, que constituyen lo que se ha llamado *escorias*. Las materias que se agregan son los *fundentes*.

La eleccion de los fundentes es uno de los problemas más difíciles que se presentan al fundidor. Sus condiciones han de ser tales, que costando la menor cantidad posible, lleven las gangas al estado líquido á la temperatura más conveniente, porque no siempre conviene que la temperatura de fusion sea la más baja: ántes por el contrario, en las fundiciones de hierro, que son las más importantes á consecuencia de la gran abundancia y de la baratura con que es preciso producir el metal, conviene que las es-

corias no sean demasiado fusibles, porque si se liquidan á un calor demasiado suave, la clase de producto que se obtiene no es á propósito para ciertas aplicaciones.

Las *escorias* son siempre silicatos, es decir, combinaciones de la sílice, con óxidos térreos las más veces, y metálicos algunas. Los formados únicamente por la sílice y un óxido son refractarios, y es necesario procurar que se formen en el horno silicatos de dos ó más óxidos, teniendo en cuenta que la fusibilidad aumenta á medida que aumenta el número de óxidos que entran en la escoria.

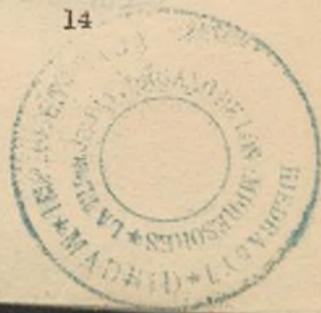
La condicion de baratura á que han de satisfacer precisamente los fundentes, limita mucho el campo de las sustancias entre las que pueden elegirse: la piedra caliza, la llamada dolomia, el cuarzo, las arcillas, las margas, algunas pizarras, la baritina, el espato fluor, son los que se emplean con mayor frecuencia.

La eleccion de los fundentes se debe hacer de manera, que dando á las *escorias* la fluidez precisa formen un silicato de una naturaleza tal, que corroa lo ménos posible la camisa del horno: á este fin, si la camisa está formada por una piedra sílicea, se debe procurar que en las *escorias* predomine la sílice, en cuyo caso, no tendrán tanta facilidad para disolverla: v si es

de una naturaleza básica, es decir, si en vez de predominar la sílice predominan los óxidos que están combinados con ella, debe buscarse la formación de una escoria básica, por una razón análoga á la que acaba de indicarse.

La elección de los fundentes, especialmente en las fundiciones de hierro, es muy difícil, y requiere estudios científicos de mucha consideración, de manera que es imposible dar reglas prácticas para hacerla. Sólo una serie de tanteos, ó un análisis detenido de las menas y de las sustancias que como fundentes pueden agregarse, pueden servir para determinarlos. Por este motivo no puede entrarse en grandes detalles acerca de este punto en una obra de la índole de la presente; en los casos en que se necesite beneficiar por primera vez un mineral en una localidad determinada, hay que hacer un estudio científico para el cual se necesitan muchos, variados y extensos conocimientos de física, química y metalúrgia; en los casos en que de un modo especulativo y científico, ó de un modo rutinario y práctico, se haya llegado á conocer el fundente que conviene, no hay necesidad más que de seguirle aplicando y de variar tan sólo la proporción, según que las menas contengan mayor ó menor proporción de gangas. Siempre que sea posible conviene formar las

METALÚRGIA



cargas con menas procedentes de distintos filones á fin de que teniendo cada una gangas de diferente naturaleza, puedan resultar las escorias con bastante grado de fusibilidad, sin que sea preciso agregar ninguna sustancia estéril, y ésta es una de las razones porque conviene que las fábricas sean establecimientos aislados y no dependan especialmente de ninguna mina.

II.

Combustibles.

Generalidades.—Se llama *combustibles* en la industria á ciertas combinaciones de carbono, hidrógeno y oxígeno, que una vez *encendidas*, es decir, elevadas á cierta temperatura, continúan ardiendo hasta tanto que todas ellas se consumen ó que varían las condiciones apropiadas para que la combustion continúe. Aunque estas sustancias proceden todas del reino vegetal, corresponden á diferentes épocas; unas á la presente, y otras á períodos remotísimos de la vida del globo, y se distinguen con los nombres de *combustibles vegetales*, los que como vegetales han vivido en esta época; y de *combustibles minerales*, aquellos que se encuentran hoy en el interior de la corteza terrestre, á consecuencia de haberse depositado sobre ellos ca-

pas más ó ménos considerables de terreno durante el larguísimo período de tiempo que ha transcurrido desde que vivieron como vegetales hasta que el hombre los utiliza.

Los combustibles pueden ser, segun su estado, sólidos, líquidos ó gaseosos: así, por ejemplo la leña y el cok, combustibles que todo el mundo conoce, son sólidos; el aceite de olivas y el petróleo, tambien de uso frecuente, son líquidos; y el gas del alumbrado, los gases, que segun se ha dicho en la pág. 177, se desprenden de los hornos altos, los que se obtienen en ciertos aparatos llamados generadores de gas, son gaseosos.

Tambien se dividen los combustibles segun las operaciones á que se han sometido ántes de usarse, en combustibles *naturales* ó *cru- dos*, y combustibles *preparados* ó *carbones*. A los primeros corresponden la leña y la hulla; á los segundos el carbon vegetal y el cok.

Las principales condiciones que debe satisfacer un combustible son las de arder con facilidad proporcionar mucho calor y no tener en su composicion ni producir, miéntras está ardiendo, cuerpos que pueden influir perniciosamente en las propiedades de los productos que han de obtenerse.

Cuanto más porosos y ménos compactos y

pesados son los combustibles y cuanto menor es la temperatura á que se han obtenido cuando corresponden á los artificiales, arden más fácilmente; pero no siempre producen entónces una temperatura elevada; y la facultad de producir temperaturas muy elevadas es la circunstancia que más influye en su precio.

Así como al tratarse de las menas se indicó la necesidad de conocer su riqueza para poder apreciarlas sin exponerse á cometer errores de gran bulto, en los combustibles se necesita apreciar la temperatura que desarrollan para poder calcular su precio relativo y la mayor ó menor ventaja que puede hallarse empleando unos ú otros.

La apreciacion exacta y científica de la cantidad de calor que puede desarrollar un combustible, ó sea lo que se llama su *potencia calorífica*, es cosa muy difícil y ha dado origen á grandes discusiones. No sería propio de este Manual entrar en consideraciones de este género, tanto más cuanto que para las apreciaciones prácticas basta conocer un medio de ensayo sencillísimo, que es el que se emplea para este objeto en casi todas las fábricas metalúrgicas.

Para apreciar bien un combustible bajo el punto de vista práctico, conviene saber : 1.º el

agua, ó sea la humedad que contiene: 2.º El carbon que puede producir por medio de su destilacion en vasos cerrados: 3.º La cantidad de materias no combustibles ó *cenizas* que deja su combustion completa: 4.º La naturaleza, color, y duracion de la llama, si la dá: 5.º Su potencia calorífica.

Para apreciar la humedad que contiene un combustible, basta reducirle á polvo ó á trocitos muy pequeños y colocarle en una estufa de aire que se calienta al baño de maría, dentro de una capsulita, despues de haberle pesado.

Se mantiene de una á dos horas en la estufa, y luego se saca la capsulita, se deja enfriar dentro de un frasco bocal bien tapado, y cuando está fria, se pesa de nuevo. La diferencia entre ambos pesos, es con gran aproximacion, la cantidad de agua que contiene.

La cantidad de carbon que puede dar un combustible, se aprecia pesando una cantidad determinada, 5 ó 10 gramos, introduciéndola en un crisol de arcilla, cuya capacidad sea bastante mayor que el volúmen del combustible que se ensaya, y tapando luego aquel con su tapadera, que se enloda con cuidado, y en la cual, si no hay tapaderas á propósito, que ya le tengan, se hace un agujero pequeño para dar salida á los gases que se van á producir. El crisol

se introduce en un hornillo con fuego, y se mantiene en él hasta tanto que deje de percibirse por el agujero de la tapadera una llama que empieza á salir desde los primeros momentos de la operacion. Cuando ya el desprendimiento de gases, y por consiguiente, la llama ha cesado por completo, se saca el crisol del hornillo con cuidado, y se deja enfriar. Una vez frio, se saca el contenido, que es el carbon, y se pesa. Conviene, además, en muchos casos, examinar si los trocitos de combustible que se pusieron en el crisol se han entumecido ó han quedado en la misma forma; si se han adherido unos á otros, el aspecto que han tomado, etc.

La apreciacion de las cenizas estambien fácil. Se toma una cantidad de combustible pesada y reducida á trocitos pequeños; se coloca en un escorificador, que es una especie de cazolita de arcilla refractaria, y se pone en la mufla hasta que se haya quemado por completo todo el combustible, removiéndolo de cuando en cuando con una varilla doblada en forma de gancho. Cuando está bien quemado,—y en general no importa en este ensayo dejarlo mucho tiempo,—se saca de la mufla, se deja enfriar, y se pesa el residuo, debiendo examinar cuidadosamente su naturaleza por sus caracteres exteriores, su olor, color, etc., y aún hacer

un análisis detenido en los casos en que la elección de combustible necesite gran escrupulosidad por la influencia que pueda ejercer en los productos de la fundición.

Mientras se verifica la *incineracion*, es decir, mientras se quema el combustible que se ensaya para apreciar las cenizas, se debe observar la longitud de la llama, la cantidad de humo que produce, su color, y el tiempo que dura, porque todas éstas son condiciones que hace falta tener en cuenta para la elección de combustible.

Antes de entrar á describir la manera con que puede apreciarse la potencia calorífica de un combustible, es necesario exponer algunas ideas acerca del modo con que se aprecian las cantidades de calor. Se llama poder calorífico ó potencia calorífica de un combustible, la cantidad de calor que éste combustible puede desarrollar por su combustion completa. Para apreciar las cantidades de calor, como para apreciar todas las cantidades, es necesario empezar por elegir la unidad que ha de servir para medir las; porque es claro que no es lo mismo cantidades de calor que temperaturas; y por lo tanto, aquellas no pueden apreciarse como éstas por medio del termómetro. Se ha convenido en llamar *caloría* ó unidad de calor, á la cantidad

de calor necesaria para elevar la temperatura de 1 kil. de agua desde la temperatura de 0° á la de 1° centígrado. Así, por ejemplo, si un kilogramo de leña es capaz de elevar desde 0° á 1° la temperatura de 2,710 kilogramos de agua, se dirá que éste combustible produce 2,710 calorías. Un kilogramo de carbon de leña puro, puede producir 8,080 calorías.

Como este número es sumamente grande, y ocasiona en los cálculos cantidades de muchas cifras, lo cual es incómodo, se ha propuesto recientemente por M. Rankine sustituir la caloría por otra unidad equivalente á la cantidad de calor necesaria para convertir en vapor un kilogramo de agua; ésta cantidad de calor es igual á 537 calorías, y se llama *unidad de vapor*. Hasta ahora está poco adoptada. Cuando una cantidad de calor está apreciada en calorías, para expresarla en unidades de vapor, basta dividir el número de calorías por 537.

Conocida ya la unidad á que las cantidades de calor deben referirse, resta explicar el modo con que se puede determinar la potencia calorífica de un combustible.

Hay muchos métodos más ó menos exactos para este objeto; pero la generalidad son poco prácticos y necesitan para llevarse á cabo aparatos y condiciones que difícilmente se reúnen

en los laboratorios anejos á las fábricas de fundición. Existe uno sin embargo, que no es exacto, y hasta puede decirse que ni aproximado siquiera, para combustibles que se diferencien mucho en su composición química; pero que se puede aplicar sin cometer grandes errores á los combustibles sólidos ordinarios, y que por la manera expedita con que se practica ofrece grandes ventajas y es el único usado en las investigaciones prácticas á que da lugar el examen de estas materias. Este método es el conocido con el nombre de método de Berthier, por llamarse así el que le inventó.

El principio en que se funda, erróneo como ya se ha dicho, es que la cantidad de calor que un combustible desarrolla por su combustión completa, es proporcional á la cantidad de oxígeno con que se combina: lo cual puede tomarse como suficientemente aproximado para combustibles de condiciones algo semejantes.

Partiendo de esta ley, la manera de proceder para averiguar la potencia calorífica, es colocar el combustible en contacto con una sustancia que pueda fácilmente reducirse, y produzca al hacerlo un cuerpo que se separe de los demas con que se encuentra mezclado; el cuerpo que se emplea es el óxido de plomo llamado *litargirio*, cuya reducción da plomo metálico que se se-

para fácil y completamente de la masa de litargirio fundido que sobrenada.

Para hacer el ensayo se toma el combustible y se pulveriza en un mortero si es, por ejemplo, un pedazo de carbon ó de hulla, ó por medio de una lima ó escofina de picadura fina si es un trozo de madera. Despues se pesa un gramo y se mezcla íntimamente con 30 ó 40 de litargirio molido; la mezcla se coloca en un crisol de arcilla acabado en punta por el interior, y encima se ponen otros 20 ó 30 gramos de litargirio, recubriéndolo todo con una capita delgada de sal comun que se ha fundido anteriormente para evitar que salte al fuego. Se tapa cuidadosamente el crisol sin enlodar la tapa, para dejar paso libre á los gases que se puedan producir y evitar al propio tiempo que caiga algun trocito del combustible que se va á colocar exteriormente; porque si cayera reduciria por su parte otra cantidad de litargirio, y el resultado sería erróneo. Despues se coloca en un hornillo y se calienta gradualmente durante 25 á 30 minutos, dando al final de la operacion un calor muy fuerte para poner las materias bien fluidas. Se saca luégo el crisol, se dan unos golpecitos con precaucion en el suelo para que todo el plomo se reuna en la parte baja y se deja enfriar; cuando está frio se rom-

pe, y se encuentra en la punta un boton de plomo, que se separa fácilmente de una escoria amarilla que le recubre, haciendo saltar ésta á martillazos sobre un yunque. Se limpia y se pesa. El número de gramos de plomo multiplicado por 238 da el número de calorías.

Division de los combustibles.—Segun ya se ha dicho, los combustibles pueden ser sólidos, líquidos ó gaseosos.

Los sólidos se dividen en naturales ó *crudos*, y artificiales ó *carbones*.

A los primeros corresponden los siguientes:

Leña: Se llama *leña* al combustible que procede directamente de los troncos ó ramas de los árboles que viven en nuestro tiempo. Cuando los troncos ó las ramas son muy gruesos, y el manejo de los trozos que resultaran de dejarlos con todo su diámetro habría de ser difícil, se cortan en trozos á lo largo con el hacha ó la sierra, y en este caso constituyen lo que se llama *leña rajada*. Cuando las ramas son delgadas en vez de dividir las, lo que se hace generalmente es reunir muchas formando haces ó gavillas, y en este caso la leña se llama *ramaje ó monte bajo*, porque esta clase de combustible, formado de ramas delgadas, se obtiene tambien de matorrales ó arbustos que no llegan nunca á un desarrollo muy considerable, y que

por lo tanto no pueden emplearse sino con la forma últimamente indicada.

La naturaleza íntima, ó la composicion química de los diferentes árboles, varía poco en general, cualquiera que sea la localidad del globo en que crezcan; pero sus condiciones físicas varían de una manera notable. Segun su densidad se dividen las leñas en *duras* y *blandas*; las duras son aquellas que recién cortadas son casi tan pesadas como el agua; las blandas, las que son mucho más ligeras. Entre las primeras se comprenden la leña de haya, de encina, de roble, de fresno, de álamo, de plátano, etc.; entre las blandas, la de pino, tilo, sauce, etc.

Las leñas blandas pesan ordinariamente de 200 á 300 kilogramos por metro cúbico; las duras de 400 á 500.

Es muy importante en las leñas el estado de sequedad porque cuando estan recién cortadas contienen de 30 á 50 por 100 de agua, que se evapora por sí misma dejando la leña expuesta durante algun tiempo al sol y al aire, sobre todo despues de haberla quitado la corteza. De este modo se consigue reducir la cantidad de agua á 16 ó 20 por 100.

Las leñas tienen por lo general 1 por 100 de cenizas, que rara vez ejercen accion alguna no-

civa sobre los productos que se van á obtener por su medio en los hornos.

La potencia calorífica oscila entre 3.000 y 3.200 calorías, y no debe tomarse nunca cuando se haga el ensayo de un combustible de esta clase más que el 80 por 100 de la cantidad que corresponde al plomo reducido, porque solo esta cantidad se utiliza en los hogares.

Turba.—La turba es un combustible que procede de la descomposición reciente de algunas especies vegetales por la influencia combinada del aire y de la humedad. Se encuentra generalmente en terrenos húmedos, en los cuales se está desarrollando durante la época presente, y presenta una masa formada de fibras, aún flexibles, de un color parduzco y fácilmente combustibles.

La cantidad de carbon que la turba contiene es generalmente mayor que la que se encuentra en la leña misma, porque el principio de descomposición que ha sufrido hace que se desprendan de ella los elementos más volátiles y queda el más fijo que es el carbon; pero sin embargo, la potencia calorífica es más pequeña, porque encontrándose por lo comun este combustible en los terrenos bajos y húmedos las aguas penetran mucho en su masa y las corrientes arrastran á estos puntos gran cantidad

de sustancias terrosas que mezclándose con ella aumentan considerablemente las cenizas.

Se distinguen dos clases de turba, la *herbácea*, que es la formada de filamentos bien determinados que constituyen un tejido fofo y esponjoso de color pardo claro; y la *compacta*, que es parda oscura ó casi negra, y forma una masa bastante homogénea, en la cual apenas se conocen algunos restos de vegetales.

Cuando la turba se extrae de sus depósitos llamados *turberas* contiene una cantidad de agua muy considerable que pierde en parte por la exposicion al aire y al sol. Generalmente se explota en la primavera y se deja secar durante el verano, contrayéndose en la desecacion hasta ocupar los $\frac{2}{3}$ y á veces el $\frac{1}{3}$ del volúmen que primitivamente tenía.

Las cenizas que contiene en cantidad muy variable de 5 á 20 por 100 y el estado de descomposicion de los vegetales segun es más ó ménos adelantado, hacen que su peso específico oscile entre límites bastante lejanos. Un metro cúbico pesa de 250 á 400 kilogramos.

La potencia calorífica de las turbas limpias de cenizas varía de 3.200 á 3.400 calorías.

En España hasta ahora se hace muy poco uso de este combustible, que por otra parte no es tampoco muy abundante en este país.

Combustibles fósiles llamados vulgarmente *combustibles minerales*.—Los vegetales que han existido en épocas muy remotas sobre la superficie de la tierra han sido arrastrados por las corrientes de agua á ciertos sitios donde se han ido depositando en grandes cantidades; posteriormente se han acumulado sobre ellos sustancias térreas que han venido á preservarlos del contacto del aire formando sobre esos depósitos verdaderas capas de terreno, y en estas condiciones con el trascurso de muchos millares de años se ha descompuesto la sustancia vegetal, se han desprendido de ella las materias más volátiles y ha quedado un residuo formado esencialmente de carbon y de algunas combinaciones de carbon y de hidrógeno. En este residuo han quedado tambien las cenizas que primitivamente contenian los vegetales y que despues se manifiestan en cantidad mucho más considerable, por dos razones; la primera porque ha disminuido considerablemente el peso del vegetal perdiendo esos productos volátiles, y la segunda porque al arrastrar el agua á los depósitos indicados los vegetales ha arrastrado tambien sustancias térreas muy ténues que se han agregado á las cenizas haciéndolas aumentar naturalmente.

La antigüedad de los terrenos en que se en-

cuentran estos vegetales, varía mucho: los hay que aparecen en los de época relativamente reciente, y los hay que corresponden á las épocas primitivas en que se formó la corteza del globo; y como es natural, cuanto mayor es su antigüedad, más adelantada se encuentra la descomposición de la materia vegetal, y tanto más aumenta la cantidad de carbon, única sustancia que existe en ellos,—además de las cenizas—cuyo estado sea sólido á todas las temperaturas que podemos producir.

Lignito. El lignito es el más moderno de los combustibles fósiles. Aunque se presenta bajo aspectos muy distintos, tiene casi siempre un color pardo oscuro, que algunas veces llega á ser negro. Es compacto, pero en raras ocasiones deja de presentar algunos restos de la estructura fibrosa de los vegetales de que procede. Tiene un peso específico de 0,50 á 1,2, y cuando se quema no presenta indicios de blandecimiento.

Como la descomposición de los vegetales de que proceden los lignitos no está en ellos muy avanzada, conservan todavía una gran cantidad de sustancias gaseosas que los hacen á propósito para la obtención del gas del alumbrado, y para los generadores de gas que se destinan á usos metalúrgicos. Contienen también una

notable proporcion de agua, que llega en ciertos casos al 50 por 100; pero que en su mayor parte se evapora por la exposicion al aire, provocando en el combustible una esfoliacion, es decir, la separacion de hojuelas delgadas, que se rompen con facilidad y le convierten casi en polvo. En este estado su aplicacion á los hornos es muy molesta.

Cuando se destilan producen un carbon, cuya cantidad es pequeña relativamente al peso del combustible, no pasando nunca del 50 por 100.

Arden con facilidad y producen por su combustion de 5.500 calorías, cuando están menos alterados los vegetales que les dieron origen, á 6,500 cuando el estado de descomposicion es ya muy avanzado. La llama es fuliginosa y larga, y cuando se queman producen un olor particular muy desagradable.

Hulla. Cuando proceden los combustibles fósiles de vegetales más antiguos que los que han dado origen al lignito, el estado de alteracion en que hoy se encuentran, es naturalmente más adelantado; son más carbonosos y contienen menos gases, aunque en muchas de las variedades presentan todavía bastante proporcion de betunes. Se conocen con el nombre de *hullas*, y tambien se da especialmente á las de esta clase el nombre vulgar de *carbones de piedra*.

METALÚRGIA.



Son más oscuras que los lignitos; en masa puede decirse que su color es negro, y reducidas á polvo, pardo oscuro; el brillo es grasiento; ya no presentan ninguna apariencia del tegido fibroso vegetal; tienen poca humedad, aún en el momento de arrancarlas de la mina, y son bastante más pesadas que los lignitos: un metro cúbico en trozos pesa de 700 á 900 kilogramos.

Cuando se someten á la destilacion, la mayor parte de las hullas producen un carbon que tiene un aspecto ampoloso, un color que varía de gris de acero á negro, y un brillo que en el primer caso es enteramente metálico. La cantidad de este carbon varía entre 50 y 90 por 100 del peso de la hulla y está casi siempre aglomerado; es decir, que los trocitos de mineral que se someten á la destilacion, unas veces se sueldan unos á otros, manteniendo aún visible la masa de cada uno, y otras veces se sueldan por completo formando un solo pedazo, sin que aparezcan de ningun modo los primitivos trozos del mineral. Al carbonizarse aumentan muy considerablemente de volúmen.

Las cenizas son unas veces infusibles, otras fusibles y otras sólo experimentan un principio de fusión; en este último caso, forman sobre las rejillas unas masas esponjosas de aspecto parecido al de la piedra pomez, aunque por lo

comun más rojizas que ésta, que suelen utilizarse para aprovechar combustibles que se reducen fácilmente á polvo, como ya se ha indicado en la pág. 97.

La potencia calorífica de las hullas, varía según su clase de 8.000 á 9.500 calorías; es decir, que producen más cantidad de calor que el carbon puro; lo cual no tiene nada de extraño, porque además de este elemento entra en su composición el hidrógeno, cuyo poder calorífico es mucho más elevado.

En la industria se dividen las hullas por la cantidad de carbon que contienen: las que contienen mucho se llaman *hullas crasas* y las que tienen poco *hullas secas*; estas dan generalmente una llama muy larga y con mucho humo; aquellas son de llama corta y clara y son las que producen mejor cok.

También se suelen designar las hullas por la calidad de la llama, llamándose de llama larga ó de llama corta; por lo comun las de llama larga corresponden á las *secas* y las de llama corta á las *crasas*.

Antracita.—El más antiguo de los carbones fósiles es la antracita, en la cual han desaparecido, casi completamente, todos los productos volátiles, y queda exclusivamente el carbon que forma el 93 y hasta el 95 por 100 de su

masa. Es de color negro ó negro agrisado cuando está en trozos, y el polvo conserva el mismo color; el brillo es algo metálico, y es más pesada que la generalidad de las hullas, puesto que un metro cúbico pesa de 850 á 900 kilogramos, y algunas veces más de 1000 kilogramos.

Arden con mucha dificultad, y es necesario para quemarlas, emplear aire caliente, en presencia del cual arden con muy poca llama y saltan en pedazos, lo cual hace imposible su empleo si no se colocan sobre rejillas convenientemente dispuestas.

Sometidas á la destilacion, no dan cok aglomerado, sino un residuo casi igual á la antracita empleada para el ensayo del cual se han separado únicamente 5 ó 7 por 100 de gases. Su poder calorífico varía de 9,000 á 9,200 calorías, porque entre los gases que contienen, como sucede con las hullas, se encuentra el hidrógeno.

Aglomerados.—Pueden considerarse tambien entre los combustibles sólidos crudos ó naturales los *aglomerados* ó *briquetas*, que son combustibles crudos en general en trozos muy pequeños, que no podrian utilizarse en su estado natural y que se someten á una fuerte compresion despues de haberlos mezclado con una sustancia capaz de hacerles tomar cuerpo. Esta

sustancia fué primitivamente la arcilla; pero aumentaba considerablemente la cantidad de cenizas si había de ser la suficiente para darles bastante cohesión; visto esto, se ha acudido al *alquitran*, que es una sustancia hidro-carbonada que se obtiene en la destilación de las hullas, y que se vende á bajo precio. La ventaja principal del empleo del alquitran estriba en que no aumenta la cantidad de cenizas y sí la potencia calorífica del combustible en virtud de la gran cantidad de hidrógeno que contiene.

Quando los aglomerados se hacen con menudos de hulla de buena calidad, préviamente lavados para separar las arenas y piedrecillas que puedan venir mezcladas con ellos, son de un excelente empleo, y tienen, especialmente para la marina, la circunstancia favorable de ocupar muy poco espacio, porque estando más comprimidos que los carbones ordinarios, presentan sólo por esta circunstancia, mayor peso en igualdad de volúmen, y además teniendo la figura de un sillarejo ó de un ladrillo del mismo grueso que ancho, pueden apilarse sin dejar huecos.

También algunas veces se prensa la turba para darla mayor compacidad, y poder introducir mayores cargas de combustible sin dar á los hornos dimensiones exajeradas.

Entre los combustibles artificiales ó carbonos se deben considerar los siguientes:

Carbon de leña.—El carbon de leña es el producto de la destilacion de la leña en vasos cerrados. Este combustible presenta un color negro brillante, y su forma es la misma de los trozos de leña de que procede, con la única diferencia de que generalmente presentan muchas fisuras ó hendiduras.

Segun la naturaleza de las leñas de que proceden, tienen los carbonos mayor ó menor peso específico: los de leñas duras tienen de 0,50 á 0,35 y los de leñas blandas de 0,40 á 0,25. En polvo tienen todos ellos un peso específico de 1,50 á 2,00.

El carbon de leña ó carbon vegetal es tanto más combustible cuanto menor es la temperatura á que se ha obtenido: cuando está poco carbonizado, produce en su combustion una gran cantidad de humo y mal olor, constituyendo lo que se conoce con el nombre vulgar de *tizo*. Cuando ha sufrido un excesivo calor, no arde y entónces se le da el nombre de *carbor santo*.

Las cenizas de los carbonos son de la misma naturaleza que las de aquellos vegetales de que proceden; pero como es natural, se encuentran en mayor proporcion que en éstos.

porque al destilarlos se han volatilizado muchas de las sustancias que contenian, y las cenizas han quedado casi en su totalidad.

Los carbones absorben con mucha facilidad los gases, y entre otros, el vapor de agua que existe en la atmósfera: por esta razon cuando se dejan expuestos al aire húmedo, absorben de 6 á 7 por 100 de agua.

Su poder calorífico varía poco y suele ser de 8,000 calorías.

El carbon de leña se prepara destilando la leña en montones que se llaman *carboneras*. La mayor parte de las veces tienen éstas la forma de un cono truncado de 4 á 6 metros de diámetro por la parte baja, en cuyo interior se disponen los trozos de leña de una manera análoga á la empleada para colocar los trozos de mineral cuando se van á calcinar por éste sistema. Unas veces se colocan los trozos de leña echados, en cuyo caso se llama el monton *echado*, y otras en posicion vertical, empezando por arrimarlos á una chimenea hecha con tablas que ha de haber en el centro del monton; en éste caso se dice que el monton es *alzado*.

Sobre la parte exterior del monton se extiende una doble camisa, formada la interior de una capa de 8 á 10 centímetros de ramas, hojas, musgo, paja y otros vegetales delgados

y menudos; y la exterior de arena y arcilla, de 5 á 6 centímetros, en la cual se dejan el hueco de la chimenea y unos cuantos respiraderos en la parte baja para que entre el aire necesario á la combustion de la parte de productos volátiles que se queman, proporcionando la temperatura necesaria á la destilacion de la leña.

Una vez terminado el monton, se arrojan por la chimenea unos carbones encendidos y un poco de ramaje, y se deja abierta durante algun tiempo, introduciendo por ella algunos trozos de leña, á medida que la combustion de los que se hallaban en su proximidad va dejando un hueco en el centro. Cuando el monton está bien encendido, lo cual se conoce en el aspecto y en la abundancia de la llama, se tapa la chimenea y se empiezan á practicar en la camisa exterior de la carbonera algunos orificios, por los cuales van saliendo los productos de la combustion interior.

En estos agujeros se presenta una llama y un humo fuertes al principio y que van disminuyendo poco á poco. Cuando la llama es corta, limpia y azulada, se cierra el orificio por donde sale y se abre otro más próximo á la parte baja lateral; así se continúa hasta los respiraderos inferiores del monton, y cuando se ha llegado

á ellos, se tapan todos los agujeros, se recubre el monton con una capa de tierra húmeda, que se riega si es necesario, porque se suele resquebrajarse demasiado con el calor del monton, y se deja enfriar durante 24 horas.

La combustion de una carbonera dura de 12 dias para los carbones de leñas blandas, á 16 ó 18 para los de leñas duras.

Se han dispuesto tambien montones de forma rectangular, en los cuales la combustion se va llevando, no del centro á la circunferencia, sino de un lado al otro y despues al contrario, haciéndose continuos, pero estos no se usan casi nunca en España.

Tambien se han ideado otras disposiciones para recoger los productos volátiles; pero la descripcion de todos estos aparatos, no cabe dentro de los límites del presente Manual.

Cok. La hulla menuda que no se destina á la fabricacion de aglomerados, y que durante muchos años no ha podido emplearse en las rejillas, porque hasta que se han inventado las de escalones, se caia fácilmente al cenicero, se ha empleado casi exclusivamente en la fabricacion del *cok*.

Se llama *cok* al carbon de hulla, cuando ésta al destilarse sufre una fusion pastosa que la permite aglomerarse

El cok tiene un aspecto esponjoso, un color gris ó negro y un brillo algunas veces completamente metálico. Es tanto más quebradizo y más ligero, cuanto más larga es la llama que produce la hulla de que procede.

Absorbe fácilmente la humedad, aunque no tanto como el carbon de leña y es ménos combustible que éste: no puede arder sino en un espacio cerrado y colocado encima de una rejilla.

Aun cuando se obtiene á una temperatura mucho más elevada que el carbon de leña, retiene una cantidad de hidrógeno que llega al medio por ciento, en virtud de la cual puede producir hasta 9,000 calorías, en algunas variedades.

Suele contener de 8 á 10 por 100 de cenizas y no es raro encontrar alguno que pase de 16 y 18.

El cok se fabrica algunas veces en montones, en cuyo caso se hace del mismo modo que se calcina un mineral cualquiera ó como el carbon vegetal.

Más frecuentemente se fabrica en hornos semejantes á aquellos en que se cuece el pan, poniéndolos primero á la temperatura del rojo, introduciendo luego en ellos la hulla menuda y cerrando cuidadosamente las puertas sin dejar

más salida que la necesaria para los gases que produce la destilacion.

Como el carácter principal del cok es el aglomerarse en el momento de su formacion, es necesario cuando se ha fabricado en esta clase de hornos romperle en trozos, para sacarle de ellos porque naturalmente no podria salir por la puerta el trozo que llena todo el interior.

Con objeto de obtener cok de algunas hullas secas que no le dan en hornos de esta clase, se han empleado modernamente algunos otros en que los productos de la combustion, pasan á la salida del espacio en que la hulla se carboniza á conductos practicados en las paredes y en el suelo del horno; en estos conductos se mezclan con el aire, y arden comunicando á las paredes una temperatura muy elevada, en virtud de la cual se aglomera el cok que en otro caso no podria hacerlo.

En esta clase de hornos la puerta tiene generalmente la misma anchura que el horno, y el cok se saca entero, empujandole por uno de los lados con un botador movido por una máquina de vapor, si el horno es horizontal, ó dejándole caer por su peso si es vertical; porque existen hornos de una y de otra clase.

El cok que sale, se parte en grandes trozos y se apaga unas veces con agua, lo cual tiene

el inconveniente de que absorbe una gran cantidad, y otras con tierra húmeda, que le preserva del contacto del aire y por lo tanto imposibilita la combustion.

Tambien se fabrica carbon con turba y con lignito; pero uno y otro de estos combustibles tienen cortas aplicaciones comparados con los otros de que se ha hecho lijera mencion.

Combustibles líquidos.—Los combustibles líquidos bien procedan del reino vegetal, como el aceite de olivas y otros, bien del reino mineral, como el petróleo, no se emplean generalmente para los usos metalúrgicos y sí sólo para el alumbrado, por cuya razon no hay necesidad de ocuparse de ellos, bastando indicar su existencia.

Combustibles gaseosos.—Modernamente se aplican á algunas operaciones metalúrgicas los combustibles gaseosos, que se obtienen bien de la destilacion, especialmente de los combustibles fósiles, bien de la combustion incompleta de los que se emplean en algunas operaciones metalúrgicas.

Es poco frecuente que los combustibles gaseosos se preparen en las fábricas metalúrgicas por verdadera destilacion de los lignitos, hullas, etc., en vasos cerrados; lo general en esta clase de establecimientos es prepararlos por

medio de la combustion incompleta verificada en los *generadores de gas*. Consisten estos generalmente en hornos de cuba en los cuales se carga una gran cantidad de carbon, y á los cuales se hace llegar aire que no baste á quemarle por completo. De este modo se consigue obtener la trasformacion de casi toda la parte carbonosa del combustible en el producto de que se ha hablado ya en la página 177, y que se llama óxido de carbono. La cuba está cerrada por la parte de arriba y tiene en esta parte unos conductos por los que el gas se dirige á aquellos puntos donde se ha de utilizar.

Otras veces, en vez de existir una verdadera cuba donde el combustible sólido se convierta en óxido de carbono, se coloca éste en la rejilla de un reverbero, pero de modo que forme sobre ella una capa de mucho espesor, á fin de que la cantidad de aire que la atraviere sea pequeña respecto á la del combustible y éste no pueda arder por completo.

Siempre que ha de utilizarse un combustible gaseoso, hay que emplearle por medio de aparatos dispuestos de manera que se mezcle bien con el aire en el momento de arder, por ejemplo, los explicados en las págs. 123 y siguientes.

INDICE.

	<u>Págs.</u>
Al lector.	1
CAPÍTULO I.—Preliminares.—Definiciones.	5
CAPÍTULO II.—Operaciones metalúrgicas.	
§ I.—Operaciones metalúrgicas en general.	12
§ II.—Operaciones metalúrgicas por la vía seca.	17
§ III.—Operaciones metalúrgicas por la vía hú- meda.	36
CAPÍTULO III.—Aparatos en que se verifican las ope- raciones metalúrgicas.	
§ I.—Generalidades.	39
§ II.—Aparatos para la vía seca.	58
I. Montones.	id.
II. Hornos.	75
CAPÍTULO IV.—Aparatos accesorios y auxiliares para las operaciones metalúrgicas por la vía seca.	
§ I.—Aparatos de condensacion.	130
§ II.—Aparatos soplantes.	136
§ III.—Aparatos para calentar el viento.	168
§ IV.—Tomas de gas.	176
§ V.—Montacargas.	182
CAPÍTULO V.—Primeras materias empleadas en las operaciones metalúrgicas.	
§ I.—Generalidades.—Menas.—Fundentes.	192
§ II.—Combustibles.	210

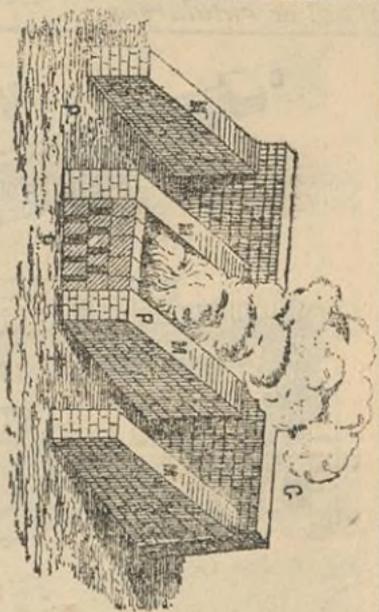


Fig. 1.ª

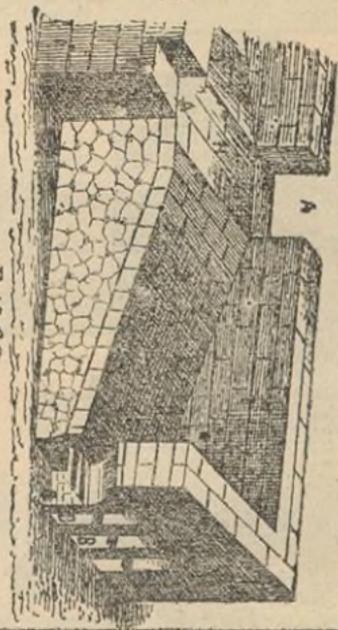


Fig. 2.ª

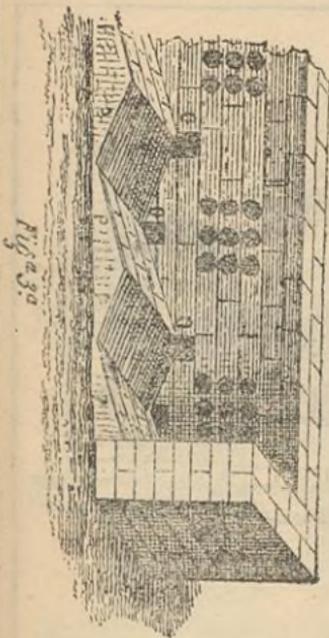


Fig. 3.ª

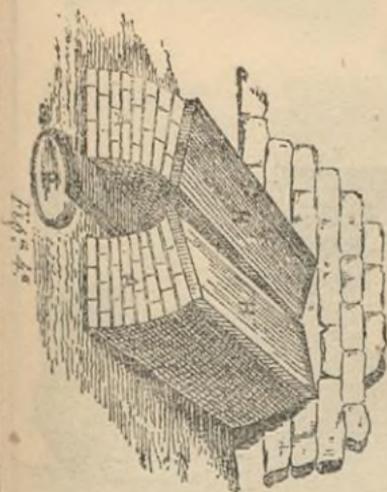


Fig. 4.ª

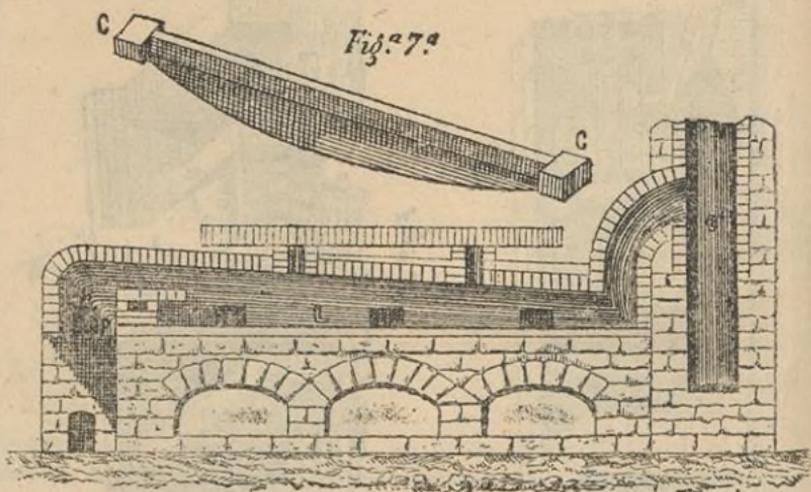


Fig. 6.ª

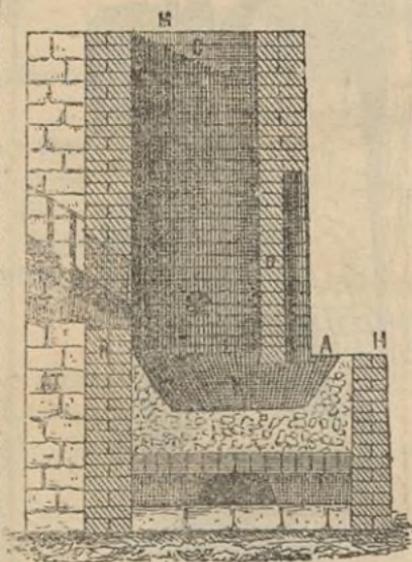


Fig. 5.ª

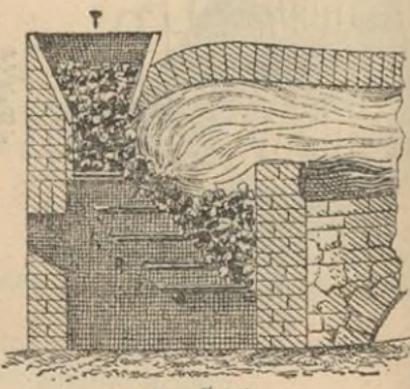


Fig. 8.ª

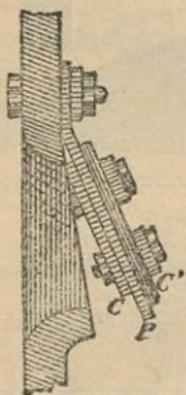


Fig.^a 13.^a

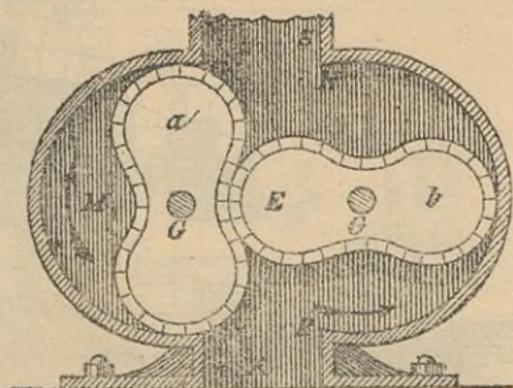


Fig.^a 15.^a

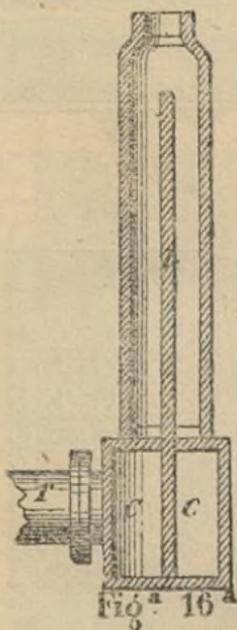


Fig.^a 16.^a

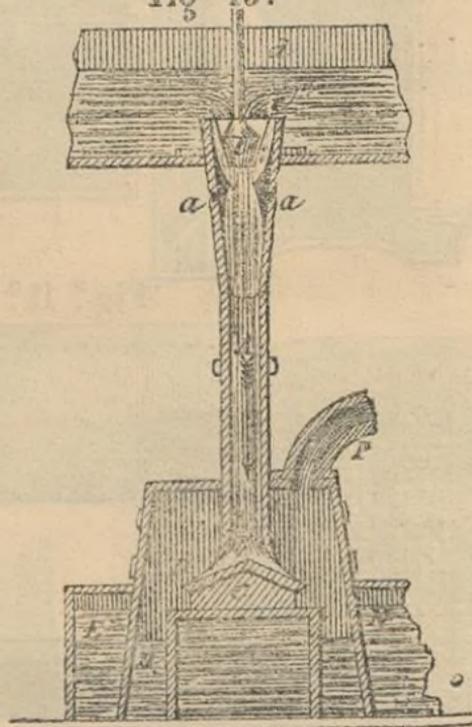


Fig.^a 14.^a

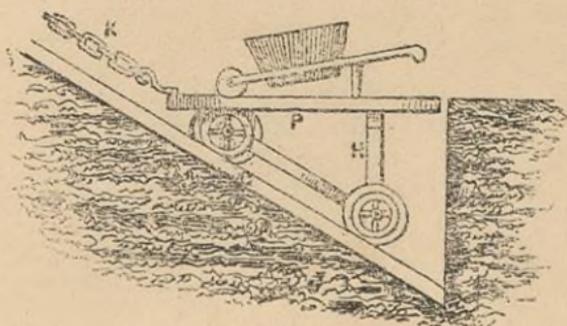


Fig.^a 18^a

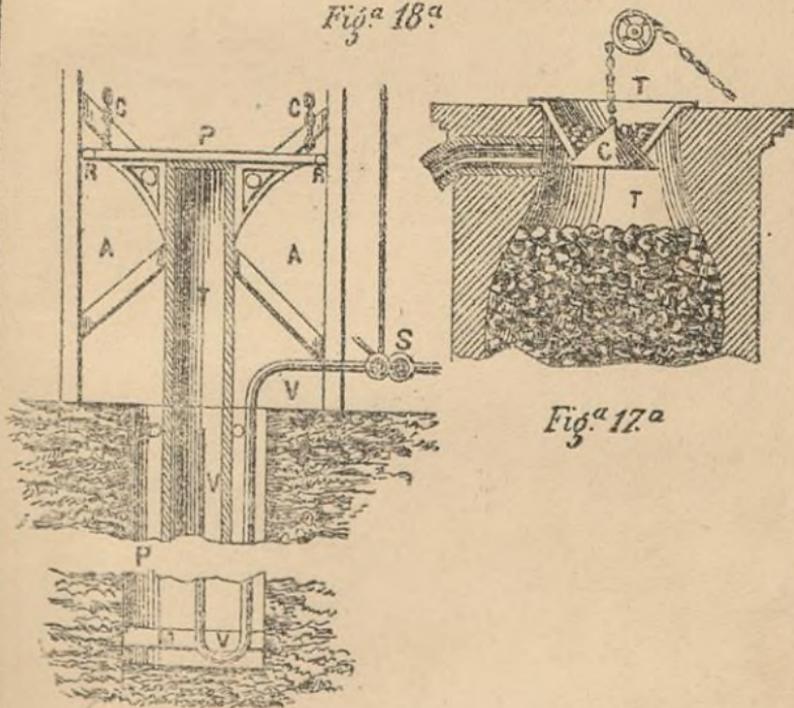
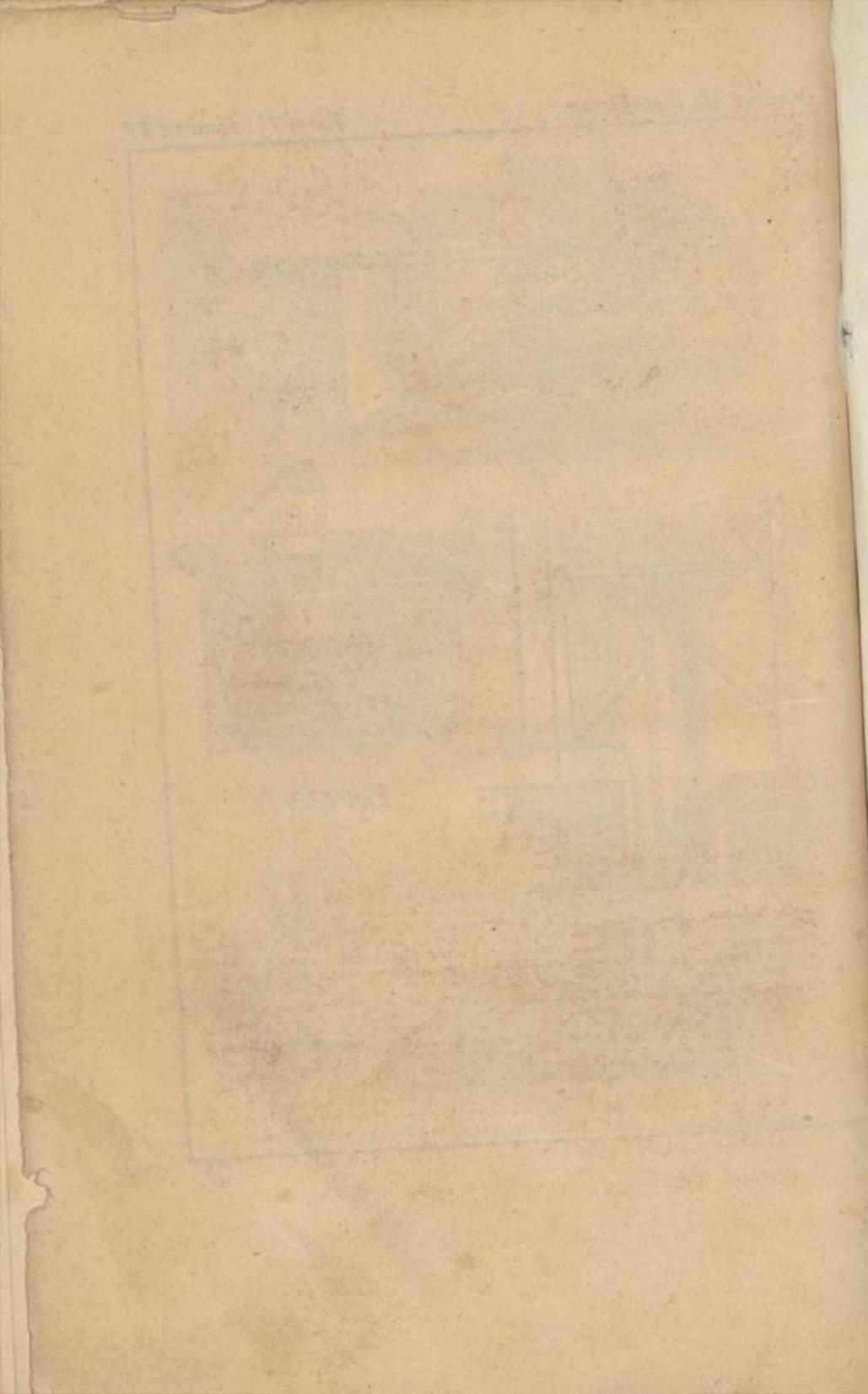


Fig.^a 17^a

Fig.^a 19^a





OBRAS CONCLUIDAS.

Manual de Metalúrgia, tomo I, con grabados, por D. Luis Barinaga, Ingeniero de Minas y Prof. de Metalúrgia en la Escuela especial de Minas.—Corresponde á la Sección 1.^a, *Artes y Oficios*.

Manual de Aguas y Riegos, con grabados, por D. Rafael Laguna.—Corresponde á la Sección 2.^a, *Agricultura, Cultivo y Ganadería*.

Manual de Física popular, con grabados, por D. Gumerindo Vicuña, Ingeniero Industrial, Doctor en Ciencias y Catedrático de la Universidad Central.—Corresponde á la Sección 3.^a, *Conocimientos útiles*.

Año cristiano, novísima version castellana de la obra del P. Juan Croisset, refundida y adicionada con el *Santoral Español*. Mes de Enero, por D. Antonio Bravo y Tudela, Abogado del Ilustre Colegio de Madrid. (Con licencia de la Autoridad Eclesiástica).—Corresponde á la Sección 5.^a, *Religion*.

Novísimo Romancero español, tomo I, por los Sres. Arnao, Biedma, Blasco, Calvo y Muñoz, Campoamor, Campo Arana, Echeagaray (Excmo. Sr. D. José), Fernandez y Gonzalez (D. Manuel), Gomez (D. Valentin), Gonzalez de Iribarren, Guijarro, Handell (Sr. Barón de), Hartzenbusch, Herranz, Lasso de la Vega (D. Angel), Lustonó, Matoses, Nakens, Nuñez de Arce, Olavarría, Palacio (D. Manuel del), Palacio (D. Eduardo), Rada y Delgado, Reina, Retes, Ruiz Aguilera, Sellés, Velazquez y Sanchez, Zapata.—Corresponde á la Sección 6.^a, *Recreativa*.

OBRAS EN PRENSA

Manual de Metalúrgia, tomo II, con grabados, por D. Luis Barinaga, Ingeniero de Minas y Prof. de Metalúrgia en la Escuela especial de Minas.—Corresponde á la Sección 1.^a, *Artes y Oficios*.

Manual de industrias químicas inorgánicas, con grabados, por D. Francisco Balaguer y Primo, Ingeniero Industrial. Químico y Mecánico.—Corresponde á la Sección 1.^a, *Artes y Oficios*.

Manual de fabricacion de aceites de oliva, con grabados, por D. Diego Pequeño y Muñoz-Repiso, Ingeniero Agrónomo y Profesor numerario de la Escuela especial de Agricultura.—Corresponde á la Sección 2.^a, *Agricultura, Cultivo y Ganadería*.

Manual de Mecánica popular, con grabados, por D. Tomás Ariño, Catedrático de Mecánica de la Facultad de Ciencias.—Corresponde á la Sección 3.^a, *Conocimientos útiles*.

Manual de Meteorología popular, con grabados, por D. Gumerindo Vicuña, Ingeniero Industrial Dr. en Ciencias y Catedrático de la Universidad.—Corresponde á la Sección 3.^a, *Conocimientos útiles*.

Año Cristiano. Mes de Febrero.—Corresponde á la Sección 5.^a, *Religion*.

Novísimo Romancero Español, tomos II y III.—Corresponden á la Sección 6.^a, *Recreativa*.