Combustibles usados en las industrias y especialmente en locomotoras

POR

RODOLFO JARAMILLO B.

(*Conclusión*)

A.—VENTAJAS TECNICAS Y ECONOMICAS EN EL USO DEL CARBON PULVERIZADO SOBRE EL USO DEL CARBON EN TROZOS

Cuando se alimenta carbón en trozos en un hogar, se verifica una desintegración del combustible, o una especie de pulverización, como uno de los incidentes de la combustión. Esta especie de pulverización requiere para ser verificada cierta cantidad de calor, la que es tomada del que produce la misma combustión. En el carbón pulverizado se ha verificado de antemano esa pulverización, puede decirse, en forma perfecta y por medios mecánicos. Cada partícula está, pues, preparada para absorber el calor necesario para iniciar su combustión y para continuarla después, combinándose con la cantidad de aire exactamente necesaria. El aire entra en parte por el quemador, llevando en suspensión el carbón y rodeando, por lo tanto, cada partícula de él.

Si se hace la comparación entre un cubo de carbón de una pulgada de lado con la misma pulgada cúbica de carbón pulverizado que pase a través de un harnero de 200 mallas, se verá que el primero tiene una superficie de seis pulgadas cuadradas, y el segundo formaría un grupo de quince millones de partículas, cuya superficie total pasaría de mil doscientas pulgadas cuadradas. Se ve, pues, que este enorme aumento de superficie conduce a una oxidación perfecta del carbón, pudiendo éste quemarse sin pérdida de hidrocarburos y sin producir humo.

Esto se verifica porque el carbón entra en suspensión en una corriente de aire

que sirve desde el primer momento para la combustión. Cuando un carbón se quema en parrillas corrientes, a medida que aumenta la capa de escorias y cenizas sobre ellas, van disminuyendo los huecos entre las parrillas, y con esto dificultándose la entrada del aire, especialmente cuando se forman escorias aglutinantes. Se ve, pues, la enorme ventaja que presenta, en cuanto a combustión, el uso del carbón pulverizado sobre el que se emplea en trozos.

A estas ventajas se pueden agregar, especialmente en lo relativo a su uso en locomotoras, las siguientes:

1°.—Se elimina la labor manual del fogonero y la de encarbonadura.

2°.—Hace que el maquinista tenga a su alcance las llaves de alimentación de carbón y pueda cambiar con toda facilidad e instantáneamente la cantidad de combustible necesaria para las diversas potencias que se desarrollan en la línea, todo lo anterior sin tener que abrir la puerta del fogón como en el caso de las locomotoras con alimentación a mano, y evitando, por lo tanto, variaciones bruscas de temperatura, que acarrean la destrucción rápida de los fogones.

3°.—Elimina por completo las chispas que causan tantos perjuicios debido a incendios. Esto se debe en primer lugar a que el carbón es reducido a un polvo finísimo que no podría producir chispas, a que la combustión es completa en el interior del fogón y, por último, a que el tiraje forzado se disminuye en un 25%, ensanchando la boquilla del cañón de escape, pues como el carbón entra en suspensión en una corriente de aire, no hay necesidad de un gran tiraje auxiliar.

4°.—Suprime casi por completo la necesidad de extraer cenizas, tanto de las locomotoras como de las casas de máquinas, pues ellas son eliminadas por los tubos a medida que el carbón se va quemando.

5°.—Elimina todas las herramientas para el fuego, necesarias en las locomotoras y casas de máquinas, como ser: palas, picafuegos, rastrillos, etc.

6°.—Disminuye el tiempo ocupado en caldear y limpiar las locomotoras, permitiendo un mejor aprovechamiento de ellas.

7°.—Debido a la mejor combustión y a la disminución de pérdida de carboncillo por la chimenea por el tiraje forzado, se produce una economía de carbón no bien avaluada todavía, pero que en algunas locomotoras ha sido de 18%, llegando en otras hasta 24%.

8.°—Permite el aprovechamiento de todo el carbón que producen las minas, por molido que sea, siempre que su porcentaje de cenizas y azufre no sea muy subido.

B.—Historia del uso del carbon pulverizado

Parece indudable que el uso del carbón pulverizado nació en la industria del

cemento. Hace más de cuarenta años, Mr. William Sweet, de la Compañía Dilworth y Porter, usó carbón molido (no finamente pulverizado), inyectándolo a los hornos por medio de un trasportador helizoidal y un soplador. Los experimentos no dieron el resultado debido, según se ve hoy día, a la falta en la pulverización de la fineza necesaria.

En 1894, habiendo aumentado enormemente el precio del petróleo, usado hasta entonces en los hornos de cemento, se principió en la «Atlas Portland Cement C.°», una serie de ensayos con carbón pulverizado. El resultado fué que en el año 1895 se llegó a obtener una aplicación satisfactoria y que desde esa fecha hasta el presente, se ha continuado con tal éxito, que hoy día el 95% de los hornos de cemento de Estados Unidos, queman carbón pulverizado.

En 1903 el ferrocarril de Manhattan en New York hizo experimentos con carbón molido en una de sus locomotoras. Se instaló en ella un aparato muy complicado que pulverizaba e inyectaba el carbón. Constaba de un pulverizador, un soplador y una turbina a vapor. Se suprimió por completo el tiraje forzado. El resultado fué un fracaso completo.

Los ferrocarriles del Gobierno de Suecia llevaron a cabo también algunos experimentos en sus locomotoras, a fin de quemar turba y carbón pulverizado. La obra de ladrillo refractario en el interior del fogón era muy complicada. Otros ensayos hechos hace algunos años en locomotoras, no dieron resultados.

Finalmente, se han hecho instalaciones con éxito aceptable en el New York Central R.R. en dos locomotoras, en el Delaware y Hudson en otras dos, el Chicago and North Western instaló una, el Santa Fe Topeka otra, y el ferrocarril Central del Brasil instaló doce locomotoras.

A fines de 1917, la Fuller Engineering C°. instaló una locomotora de patio de su propiedad a pedido de don Justiniano Sotomayor, que deseaba presenciar ciertas pruebas. Posteriormente, el Gobierno de Australia ha ordenado a esta Compañía la instalación de cinco locomotoras. En el capítulo especial que se refiere a locomotoras, se darán más detalles respecto al trabajo de las instalaciones anteriormente mencionadas.

La aplicación del carbón pulverizado a los hornos de reverbero para la fundición de cobre, se puede decir que nació con la adopción de este tipo de hornos en esa industria. En muchas minas se había juntado una gran cantidad de polvo fino de minerales de cobre, el que no podía ser fundido en los hornos corrientes. Se pensó primero convertirlo en briquetas, y por fin, en 1906, en fundirlo directamente en largos hornos de reverbero con carbón pulverizado. Las experiencias hechas en la «Highland Bay Smelter C°.» por Mr. S.S. Sorensen, dieron muy buen resultado

respecto a la fundición misma, pero fallaron en los aparatos mecánicos por falta de conocimientos de la especialidad.

En 1908 se prosiguieron los ensayos en Cananea, los cuales fueron publicados en el «Engineering and Mining Journal» en un número de Marzo de ese año.

En 1909, en la «Tepoe Valley Smelter C°.» se consiguió subsanar los defectos anteriormente encontrados, por Mr. Sorensen, que era entonces superintendente. La relación entre el consumo de carbón y el mineral tratado, era anteriormente de 1 a 4, y en esa época se logró, con el uso del carbón pulverizado, mejorarla a la proporción de 1 a 7.

En 1909 Mr. G. E. Silvester visitó las fábricas de cemento donde se había aplicado el uso del carbón pulverizado desde 1895, y pudo en ellas darse cuenta de la causa de los inconvenientes con que se había tropezado y la forma de evitarlos

En 1910 la «Canadian Copper C°.» autorizó la instalación de un horno, el que fué terminado en 1911, y que funcionó consumiendo carbón en la relación de 1 a 6,7.

Después de esa fecha, salvo modificaciones ligeras, este tipo de horno quedó instalado en definitiva y trabajando correctamente. Numerosas otras instalaciones semejantes se han hecho después, para fundir minerales de cobre; las principales han sido las de la «Washoe Reduction Works» en el año 1914 y las de la Anaconda Copper C°.» También se ha instalado una en Chile, en Chagres, en las minas de Catemu, la que ha trabajado satisfactoriamente. Otra en las minas de Naltagua en el norte y por fin, una que se acaba de instalar en el mineral de Gatico.

Todas ellas han dado resultados altamente satisfactorios.

La aplicación del carbón pulverizado a los hornos metalúrgicos se inició con la instalación, hace seis años, de un horno de forja en la «General Electric C.°», en Schenectady. Después han aplicado numerosas fábricas el mismo sistema, siendo una de las más importantes instalaciones la de la «Sizer Forge C.°» en Buffalo, una de las forjas más grandes que hay en Estados Unidos.

El infrascrito visitó en Abril del año 1918 esos hornos, de los cuales había seis en operación y cuatro en construcción. Detalles sobre su funcionamiento serán encontrados en el capítulo especial sobre hornos metalúrgicos. La «American Locomotive C.°», ha instalado también en sus talleres de Schenectady algunos hornos de forja, con espléndidos resultados.

También se han hecho grandes instalaciones de hornos de forja y «open hearth» para fundir acero, en la «American Iron y Steel Plants», en Lebanon, de cuyo trabajo daremos detalles en el capítulo respectivo.

Hay numerosas instalaciones para hornos pequeños de herrería y para calentar remaches y herramientas, las cuales no serán tratadas en este estudio, por no tener gran importancia y en obsequio a la brevedad.

Las aplicaciones del carbón pulverizado a las calderas fijas comenzaron en el año 1910 con la instalación hecha por Mr. J. E. Blake en una caldera de 300 H.P. en la estación de fuerza de la «Henry Phillipps C.°». El rendimiento que se obtuvo en ella fué de 79%. En 1913 se instaló otro aparato del mismo fabricante en la cervecería de «Peter Doelger», en New York, pero fué abandonado, aunque dió buenos resultados en general, por dificultades producidas por la formación de escorias, que obligaban a parar el funcionamiento del caldero para su limpieza. Seguramente esto se debió al uso de un carbón con exceso de cenizas y azufre, a lo que como posteriormente se verá, se debe la dificultad mencionada.

Después de esa fecha se han inventado numerosos aparatos para utilizar el carbón pulverizado en calderas fijas. Han tenido especial éxito los instalados por Mr. A. S. Mann en la «General Electric C.°» en Schenectady y los colocados en ocho calderos fijos del Ferrocarril de Missouri, Kansas y Texas, en la ciudad de Parsons en Kansas, por la «Fuller Engineering C°». Como se verá en capítulo especial, los resultados de esta última instalación son satisfactorios.

Por fin, antes de terminar esta narración histórica del empleo del carbón pulverizado, podemos citar las pruebas hechas en el buque de la Marina Americana «Gem», dirigidas por la «Submarine Defence Association», en 1918, y a las que asistimos invitados por esa Sociedad. Se ensayaron en el «Gem» tres sistemas de carbón pulverizado, el de la «Fuller Engineering C.°», el de la «General Electric C.°» y el de la «Locomotive Pulverized Fuel C.°» El primero y el tercero dieron espléndidos resultados; no así el segundo, que tuvo dificultades en la alimentación. Más detalles daremos en el capítulo especial acerca de este punto.

Hay estudios iniciados para la aplicación del carbón pulverizado a los motores de combustión interna. Es de desear que estas experiencias tengan éxito, pues así quedaría resuelto definitivamente el problema de combustión barata para los países como el nuestro, que no dispone aún de petróleo y sus derivados, y en ciertas partes carecen de agua para los calderos.

c.—Uso del carbon pulverizado en las diversas industrias

1°.—*En la industria del cemento.*—La fabricación del cemento se hace exclusivamente, hoy día, en hornos rotatorios cuyas líneas generales típicas se pueden ver en la figura XII.

Este horno está indicado en C; el conducto de descarga de los gases en B; los rodillos en D-D; el muro de descanso del horno en su extremo más bajo en E; el enfriador rotatorio de escorias en G; la tolva para carbón en K; el inyector para

carbón pulverizado en J; el trasportador de carbón al estanque en L; y la tolva para materia prima en A.

El consumo de carbón pulverizado por barril de cemento varía con el tipo de horno y según el procedimiento usado. En el de vía seca, el peso de carbón es de 83 a 100 libras de carbón por barril. En el procedimiento por vía húmeda, el con-

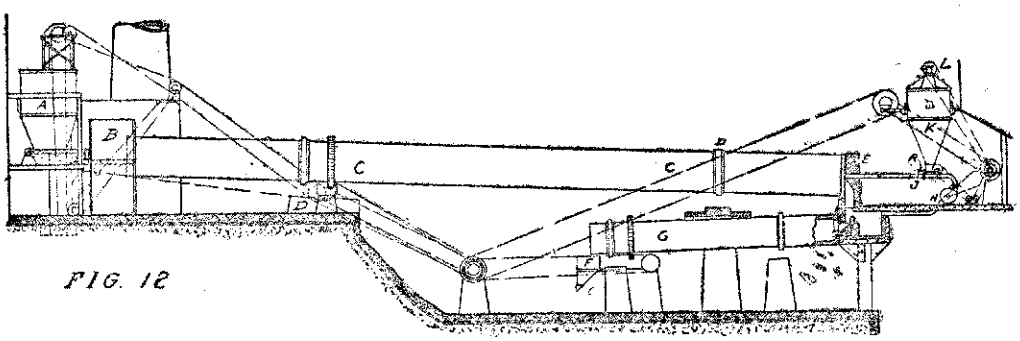


FIG. 12

sumo de carbón varía entre 35 y 50% del cemento producido, es decir, de 133 a 190 libras de carbón por barril.

La capacidad de producción de un horno rotatorio moderno, por la vía seca y con gases de escape a 1 000° F., es expresada aproximadamente por la fórmula:

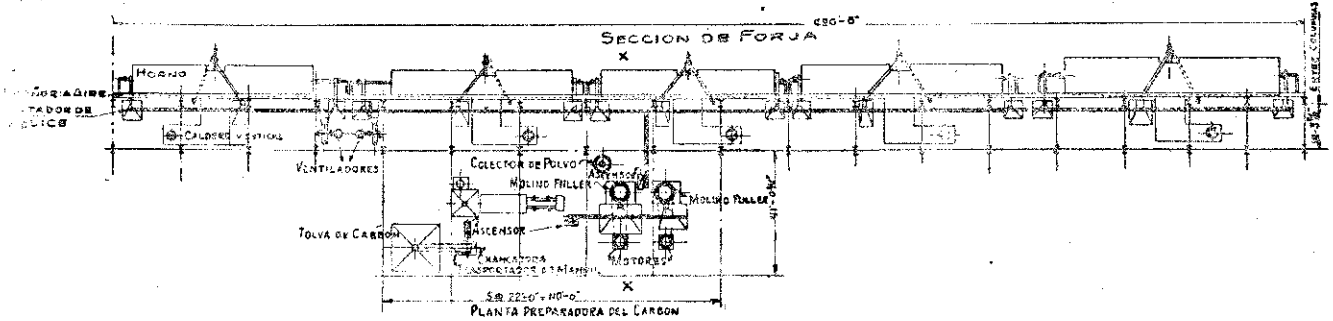
$$C = \frac{D^2 L}{24}$$

a cual:

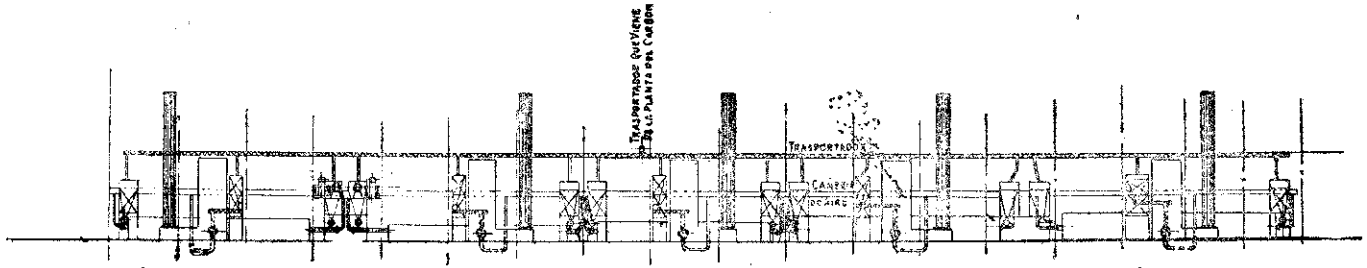
C = Capacidad de producción en barriles de 380 libras, en 24 horas.
D = Diámetro externo del horno, en pies.
L = Largo del horno, en pies.

Se ha llegado ha realizar una gran economía en el consumo de carbón, alargando el horno rotatorio. La economía que se obtiene usando un horno de 150 pies, en vez de uno de 60, ha excedido de 20% y ha disminuído la labor manual a la mitad.

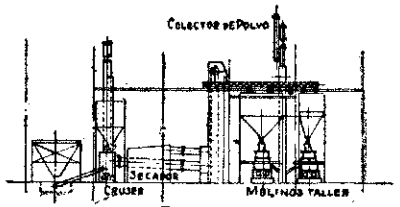
2°.—*Hornos de forja.*—He tenido ocasión de visitar la gran instalación de hornos de forja hecha en la «Sizer Forge C.°», en Butfalo, por la «Fuller Engineering C°.» El dibujo general de los hornos es el de la figura XIII.



PLANTA

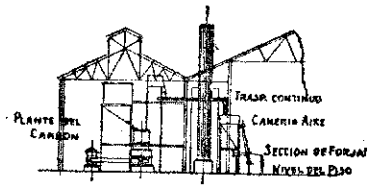


ELEVACION
CALDEROS I HORNOS



ELEVACION
PLANTA DE CARBON

FIG. 13



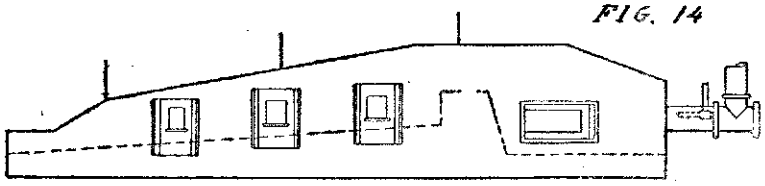
SECCION X-X

Como se ve en ella, los hornos son del tipo de reverbero, muy largos, y están de tal manera dispuestos, que entre cada dos de ellos se ha instalado una caldera vertical que aprovecha los gases que salen del horno para producir una parte del vapor para los martinetes. Anteriormente la «Sizer Forge C.º» usaba los mismos hornos con carbón en trozos. Los inconvenientes del horno han sido totalmente eliminados por medio del uso del carbón pulverizado. El consumo del carbón en 1918 fué de una libra de carbón por cuatro libras de forja corrientes calentadas. En forjas especiales, para las cuales se necesita el metal casi completamente fundido, el consumo es mayor. Respecto a economía de combustible se estima una disminución de 40% en el consumo para un peso dado de forjas, y que se produce una economía en tiempo tal, que lo que antes se hacía en nueve horas de trabajo, se hace en seis y media a siete horas. El carbón usado es de tipo bituminoso con 35% de materias volátiles y 9% de cenizas. La «Sizer Forge C.º» ha tenido seis hornos trabajando con carbón pulverizado durante más de un año. Como el sistema ha dado muy buenos resultados, se están equipando cuatro hornos más. El quemador, trasportador de hélice y demás detalles, son los normales usados para las diferentes industrias por la «Fuller Engineering C.º»

«The American Iron y Steel Cº.», tiene en Lebanon una gran instalación para fabricar fierro pudelado y «billets» para laminar.

Los hornos están equipados para carbón pulverizado y su forma externa es la de la figura XIV.

FIG. 14



En los hornos de pudelaje el consumo de carbón por tonelada de fierro producida es de 558 kilos. En los hornos para calentar paquetes para laminación, el consumo es de 240 kilos por tonelada calentada y en la operación de calentar «billets» para forja o laminar, el consumo es más o menos de 160 libras de carbón por tonelada calentada.

El costo de la preparación del carbón para usarlo pulverizado, desde descargarlo de los carros hasta usarlo en el horno, el cual incluye: secadura, reparaciones, funcionamiento y energía eléctrica para trituración y molienda, ha sido en esta planta, de 0.50 dollars por tonelada

La fábrica de Lebanor recomienda para tener éxito con el carbón pulverizado:

1°.— Que la humedad que contenga no pase de 0.5 por ciento.

2°.—Que más del noventa y cinco por ciento del carbón pase por harnero de 100 mallas y más del ochenta por ciento pase por harnero de 200 mallas por pulgada.

3°.—Que exista un control fácil de la cantidad de carbón que llega al quemador, a fin de que se pueda regular la exacta alimentación del horno.

4°.—La presión del aire que conduce el carbón pulverizado en suspensión debe ser lo más baja posible. Al entrar al horno en la boca del quemador, esta presión es en estos hornos de una onza por pulgada cuadrada. Con esta presión, el revestimiento refractario de los hornos dura de cuatro a cinco meses, trabajando día y noche.

5°.—Es muy conveniente calentar previamente el aire del ventilador; con esto se obtiene una combustión más pareja y una economía en el consumo. En esta planta, la temperatura del aire es de 430° F., más o menos.

La temperatura obtenida en el interior del horno es, más o menos, 2 400°.

La «General Electric C.°» tiene en sus talleres de Schenectady una instalación de hornos de forja, cuyos cortes, longitudinal y transversal, pueden verse en la figura XV.

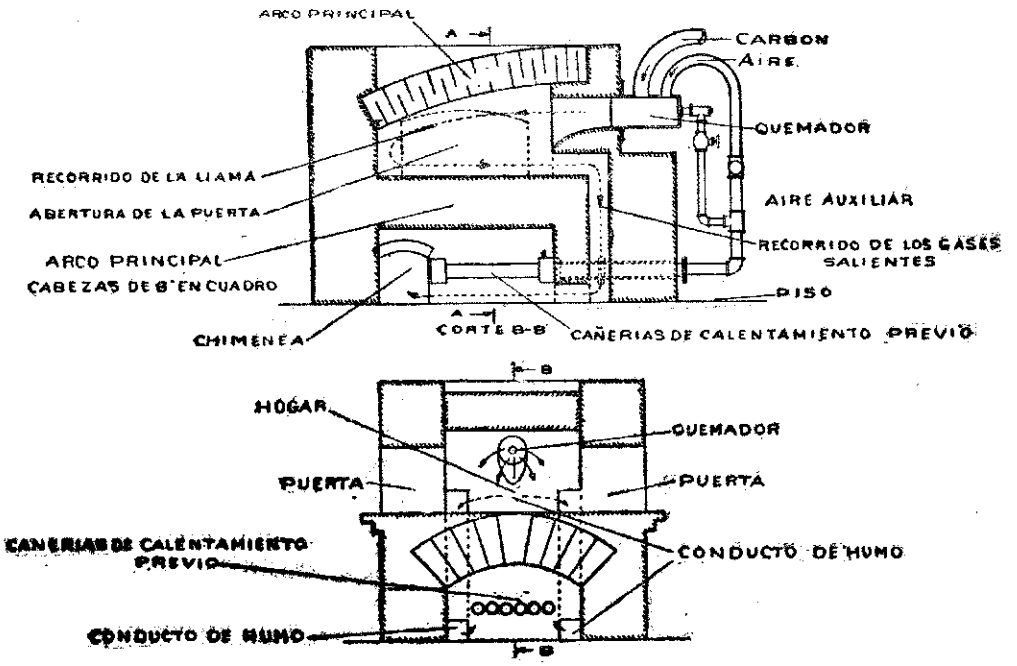


FIG. 15

En la figura se ve que el aire que conduce al carbón pulverizado es calentado previamente pasando por cañerías colocadas en la cámara colectora de gases usados, antes de escapar a la chimenea. Se ha visto que la economía de combustible llega a veces hasta 35% calentando previamente el aire hasta unos 340° C.

Para obtener una temperatura de 1350°, conviene consultar una superficie interior de horno de 15 pies cuadrados por cada 100 libras de consumo de carbón por hora.

En estos hornos se emplea el quemador de la figura XVI, el cual consiste en una caja cilíndrica de fierro fundido de ocho pulgadas de diámetro. Tiene cinco aberturas fuera de la boca de descarga. Cualquiera de las aberturas S o T se emplea para introducir el carbón y su aire de conducción (40 a 60 pies cúbicos por libra de carbón en polvo). Cualquiera de las aberturas X o Y se usa para el aire de combustión, el cual también se introduce a veces por U. Los cuatro primeros de estos agujeros son tangenciales y hacen tomar formas espirales a las corrientes. Son usados para tener una llama corta en el horno.

El alimentador de este horno es un conductor helizoidal corriente que ha dado buenos resultados.

Respecto a la duración del forro refractario interior del horno, se han tomado las siguientes precauciones, a fin de mantener una buena conservación. En primer lugar, se ha reducido la presión del aire de conducción de 20 libras, que era en los primeros hornos de cemento, hasta media onza en algunos de los hornos metalúrgicos actuales. En todo caso, esa presión tan baja debe actuar sólo a la entrada del horno, porque es necesario disponer de no menos de cuatro onzas de presión para conducir el carbón por la cañería.

En todas las aplicaciones del carbón pulverizado, menos en la del cemento, ha sido necesario cambiar la dirección de los gases por medio de un arco refractario Esto trae por consecuencia un choque de esa corriente contra los ladrillos en el momento en que la llama es más fuerte, produciéndose localizaciones de calor que traen consigo la fusión del material. Esto ha sido evitado colocando un sistema de cañerías de agua; con ellas se mantiene la temperatura más pareja y no hay, en realidad, una pérdida en la eficiencia del horno.

En la tabla siguiente pueden verse los resultados de ensayos comparativos hechos en la «General Electric C°.» con dos hornos iguales, uno trabajando con petróleo y el otro con carbón pulverizado.

ESPECIFICACION	Horno a carbón pulverizado	Horno a petróleo
Duración de la prueba	60 horas.	60 horas.
Temperatura del horno al empezar	Frío.	Frío.
Temperatura del horno al concluir	1 365° C.	1 350° C.
Promedio de la temperatura del horno	1 301° C.	1 270° C.
Tiempo por calenton	85 minut.	98 minut.
Número de calentones	10	9.
Duración media de los calentones	41 minut.	44 minut.
Temperatura del aire de combustión	334° C.	240° C.
B. T. U. por libra de combustible	14 000	19 400.
Total de combustible usado	790 lbs	518 lbs
Total de acero calentado	5 015 lbs	4 563 lbs.
CANTIDADES POR HORA		
Libras de acero por hora	659	604
Libras de combustible por hora	104	69,5
RESULTADOS ECONOMICOS		
Libras de acero por libra de combustible	6,5	8,83
B. T. U. en el combustible por libra de acero	2 203	2 196

Existen numerosas otras instalaciones en hornos de forja en Estados Unidos que usan carbón pulverizado, pero, para formarse una idea de ellas, creo que las descritas anteriormente son bastante típicas y bastan para el objeto.

3°.—*Calderos fijos.*—En la figura XVII se puede ver un esquema de la instalación que tiene la «General Electric C°.» en sus talleres de Schenectady. Es una caldera de 474 H.P.

El carbón entra al fogón por intermedio de seis quemadores semejantes a los descritos en el caso del horno de forja de la misma compañía. Los resultados obtenidos, quemando carbón con poder calorífico de 14 000 B. T. U., en once pruebas diferentes, están consignados en el cuadro de la página 38.

Un arco de ladrillos refractarios se fundió después de seis meses de uso.

El costo de la pulverización, secadura, movilización del carbón, reparación de maquinarias y además del interés del capital invertido, ha alcanzado en esta instalación a la suma de 0.25 dollars por tonelada de carbón.

Otra instalación de importancia es la construída por la «Fuller Engineering C°.»

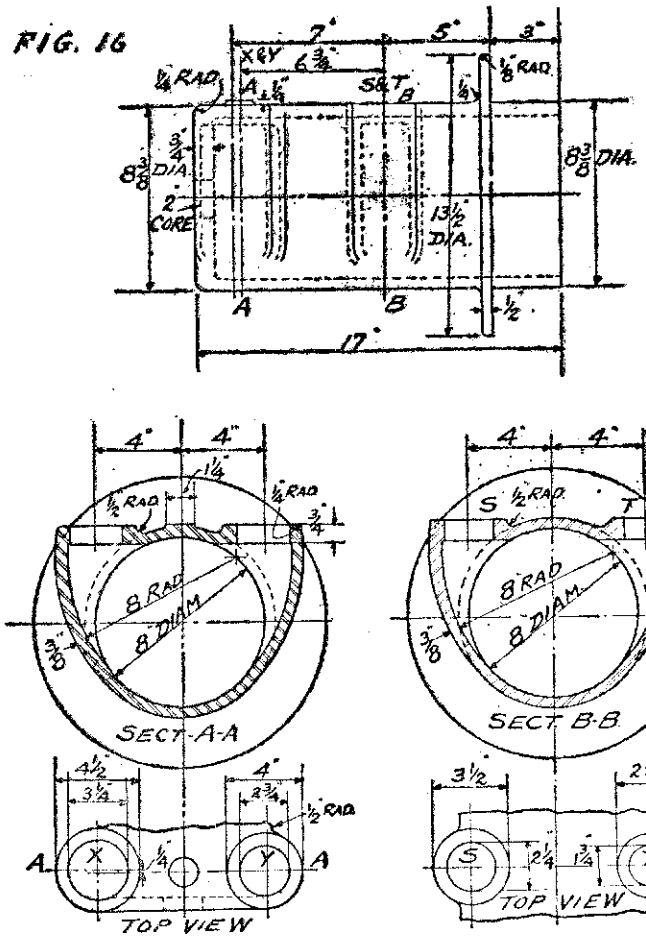


FIG. 16
7"
5"
3"
KEY
6 3/4
1/4 RAD.
1/8 RAD.
A
B
S
T
1/4
3/4
8 3/8 DIA.
2" CORE
13 1/2 DIA.
1/2
17"
4"
1 1/4
1/2 RAD.
3/4
8" RAD.
8" DIAM.
3/8
SECT. A-A
SECT. B-B
4 1/2
3 1/4
2 3/4
X
Y
1/4
TOP VIEW
3 1/2
2 1/2
2 1/4

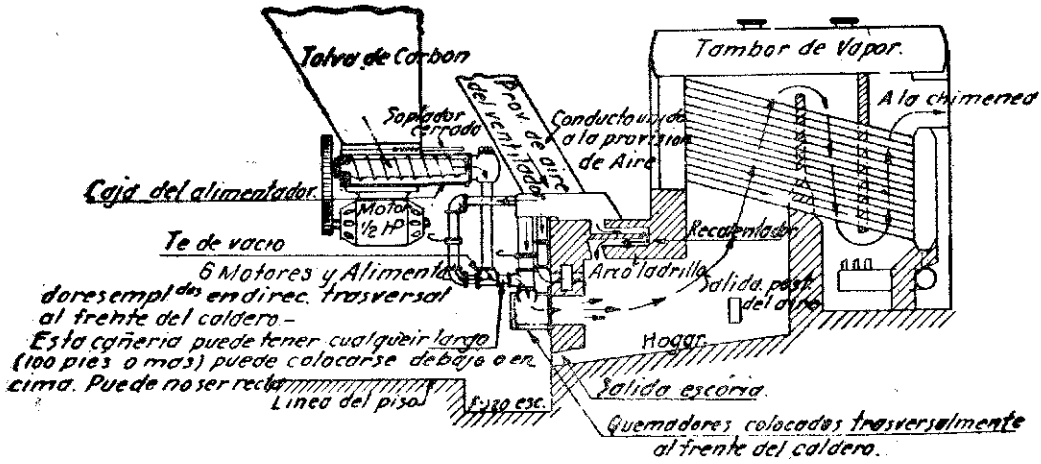

Tolva de Carbon
Tambor de Vapor.
Alimentador cerrado
Conductos de la provision de Aire
A la chimenea
Caja del alimentador.
Motor 1/2 HP
Te de vacio
Recalentador
6 Motores y Alimentadores empleados en direc. trasversal al frente del caldero –
Arco ladrillo
Salida gases del horno
Esta cañeria puede tener cualquier largo (100 pies o mas) puede colocarse debajo o en cima. Puede no ser recta
Hogar
Linea del piso
Salida escoria
Quemadores colocados trasversalmente al frente del caldero.

FIG. 17

en Parsons, Kansas, para el Ferrocarril Missouri, Kansas y Texas. Esta planta consta de ocho calderas de 250 H.P., cada una. La figura XVIII muestra en corte vertical, una caldera, y la figura XIX una fotografía de la instalación.

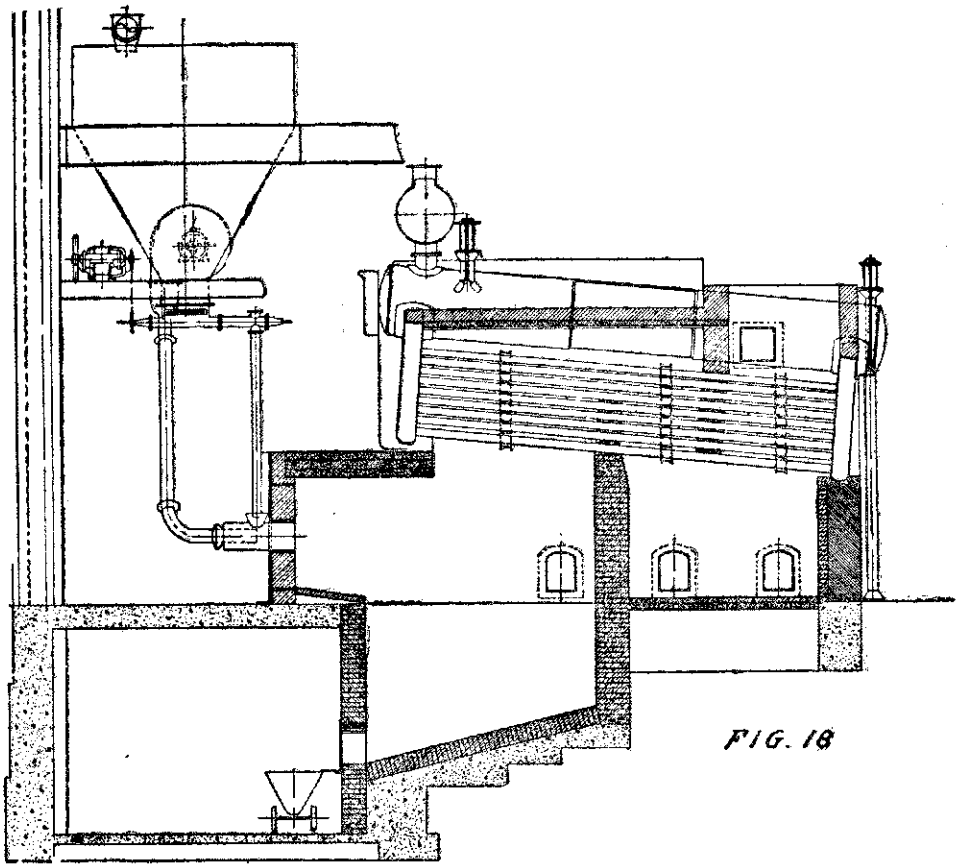


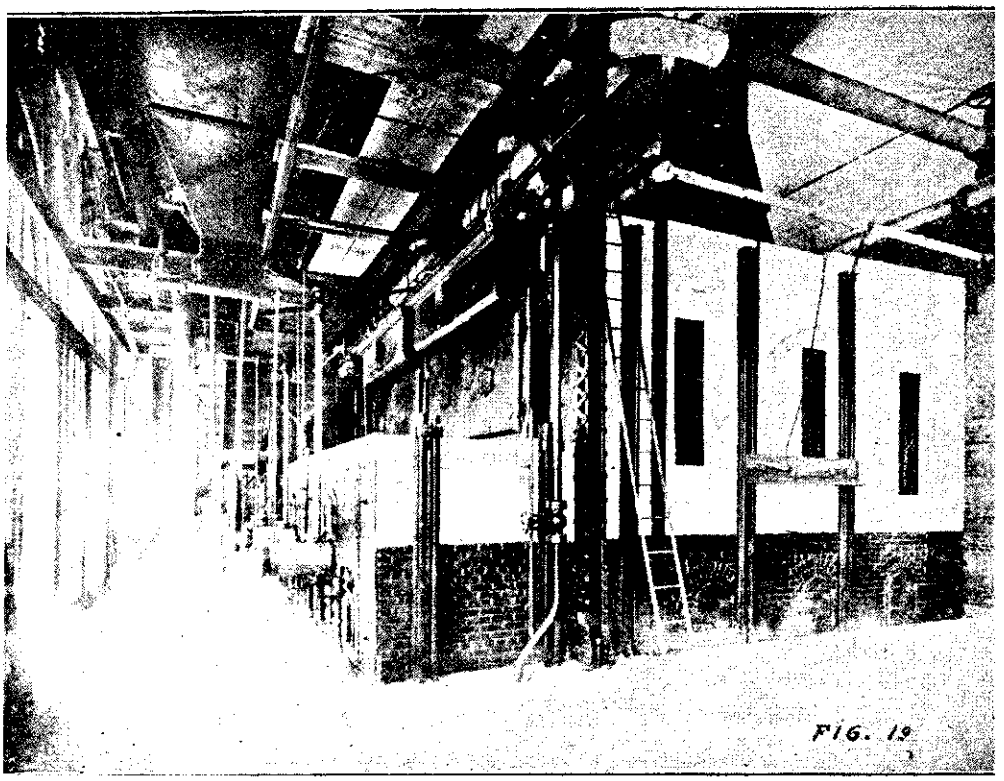
FIG. 18

PRUEBAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Carga %.....	131	186	212	119	97	186	154	154	141	164	205
Rendimiento %.....	68	63.8	65.8	68	71.8	65.5	71	69.4	66.1	63.7	75.7
Aire, pies cúb. por lib. de carbón.....	210	178	150	190	250	181	200	226	216	168	208
Temperatura en los tubos .	559	684	786	583	568	652	693	685	628	678	724

Usando el carbon cuyo analisis era el que sigue:

Carbón fijo	59.94%
Materias volátiles	22.29%
Cenizas	17.77%
Agua	0.03%

y con un contenido de 4,09% de azufre y un poder calorífico de 12 588 B..T. U. por libra, se hicieron ensayos que dieron el siguiente resultado, el cual puede considerarse muy bueno, dada la pobre calidad del carbón que era antracita, con una baja proporción de materias volátiles y muy alta proporción de cenizas y azufre:



Ensayo de una caldera O'Brien de 250 H.P., en Parsons

Duración del ensayo	5 horas, 30 min.
Agua total evaporada	30 300 libras.
Temperatura	178.1

Presión en el manómetro	135.5 libras.
Temperatura correspondiente a la presión	358.5 F°
Factor de evaporación	1 0434
Peso del carbón	3 500 libras.
Agua evaporada por libra de carbón	8.65 libras.
Tiraje en el cenicero	0.00
Tiraje en el fogón	0.03
Tiraje en el quemador	0.04
Co_2	16.5%
H P desarrollados	261.9
Temperatura del humo en los tubos	624.9
B T. U. por libra de carbón	12 587
Calidad del carbón	Antracita.

Al contrario de lo usado por la «General Electric C.°», la «Fuller Engineering C° recomienda usar el menor número posible de quemadores a fin de que ell queden tan lejos como sea posible de las murallas laterales, pues así la expansió

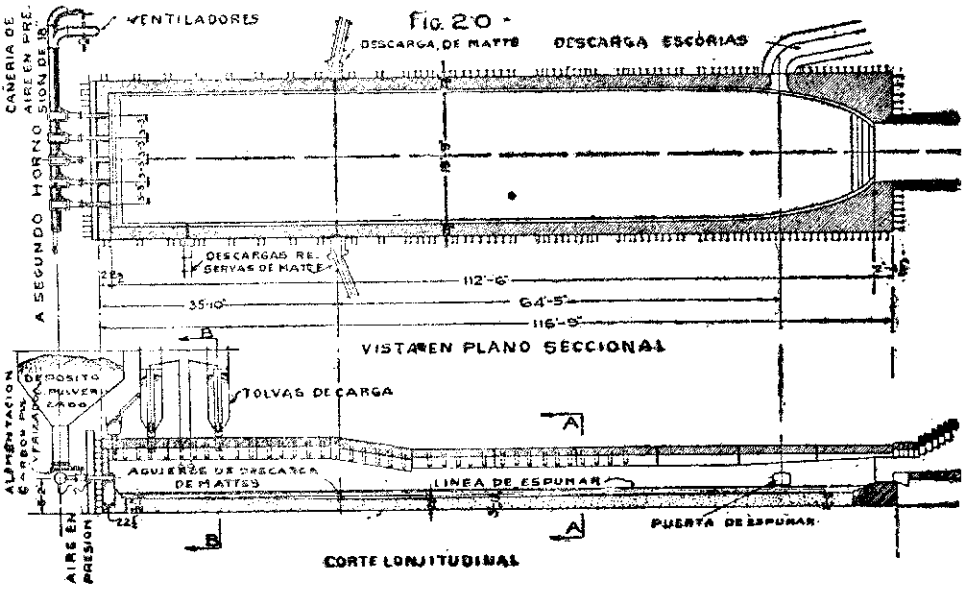


Fig. 20 -

de los gases no provocará corrientes de alta velocidad cerca de los ladrillos refra tarios. Además, como principio, no conviene que ninguna partícula de carbón s quemar se ponga en contacto con partes de la caldera, pues la diferencia de temp

ratura entre esa partícula y la caldera, produce enfriamientos locales en el combustible en suspensión. Esto conduce a una combustión defectuosa.

4.°—*Hornos de fundición de cobre.*—En el capítulo que trata de la historia del carbón pulverizado, dimos una ligera reseña del procedimiento empleado en la fundición del cobre, y de algunos resultados obtenidos.

Traducimos aquí literalmente una parte del trabajo presentado por el Dr. David H. Browne, al «American Institute of Mining Engineers», en Febrero de 1915, en el cual describe las instalaciones hechas por la «Canadian Coopper C°.»

«La superficie del terreno ocupado por el edificio en que están los hornos de reverbero, fué rellenada alrededor de once pies sobre el resto del patio. Para ello se empleó escoria en fusión de los hornos, entre murallas de concreto. Se dejaron túneles de doce pies de ancho, distanciados de cincuenta y seis pies, dentro de este relleno de escoria. Estos túneles tienen vías en las cuales corren carros, de modo que los hornos pueden ser sangrados a los recipientes al nivel del patio. Los hornos son espumados en cucharas de 25 toneladas al nivel del patio. (Figs. XX y XXI).

«Bajo las murallas laterales del horno, se fundaron bases de concreto y entre ellas se colocaron tirantes traversales dentro de cañerías de hierro. Estos tirantes estaban provistos de placas de anclaje, que ligaban las bases entre ellas y resistían los esfuerzos laterales. Bajo el hogar mismo del horno, el relleno de escoria se hizo subir doce pulgadas sobre las bases de concreto. Sobre esas bases fueron construídas las murallas del horno hechas de ladrillos de sílice.

«Las dimensiones horizontales del horno son veinte y tres pies seis pulgadas de ancho por ciento diez y seis pies nueve pulgadas de largo, tomadas al exterior de la obra de ladrillo.

«Entre ambas murallas laterales hay un relleno de escoria de doce pulgadas de altura. Este relleno está debajo del hogar de sílice. Las murallas laterales tienen un espesor de veinte y siete pulgadas y un alto de tres pies seis pulgadas tres cuarto. En total, ellas tienen 8 pies nueve pulgadas y cuarto hasta el punto donde se encuentra el bloque oblícuo de fundición que sirve de base al techo del horno. Esta altura es mantenida en un largo de treinta y cuatro pulgadas desde donde entra el fuego, y después los bloques oblícuos siguen una inclinación longitudinal paralela a la del techo.

«La muralla extrema o de fuego, tiene un espesor de tres pies seis pulgadas en su base, hasta la altura de 2 pies. Enseguida se angosta hasta el espesor de 22 y media pulgadas a la altura de tres pies ocho pulgadas, y de nuevo se angosta a tres y media pulgadas a la altura de seis pies ocho pulgadas.

(Continuará)