

	Gramos
Carbono.....	849,7
Hidrógeno.....	42,6
Azoe.....	14,5
Oxígeno.....	35,0
Azufre.....	4,2
Cenizas.....	54,0
	1000,0

El ázoe, durante la combustión viva, se desprende en estado gaseoso, y no produce calor. Las cenizas son consideradas como ya formadas, y tampoco producen calor. Los 35 gramos de oxígeno son considerados como que forman con 4<sup>er</sup>,375 de hidrógeno un peso de agua de 39<sup>er</sup>,375, que es necesario evaporar en pura pérdida. La cantidad de hidrógeno libre es, pues, solamente 42<sup>er</sup>,6 - 4<sup>er</sup>,375 = 38<sup>er</sup>,225.

Según lo que precede, el calor producido por la combustión de 1 kilogramo, estará, pues, cuasi exactamente expresado por las cifras siguientes:

Carbono: 0,8497 × 8.080.....	6865,6
Hidrógeno: 0,038225 × 34.460.....	1317,2
Azufre: 0,0042 × 2.220.....	9,3
Total.....	8192,1
Se restan para la evaporación del agua.....	24,8
Quedan.....	8167,3

Para producir con el agua á 0° 1 kilogramo de vapor á 100°, es necesario, 637 unidades de calor. Por consiguiente, 1 kilogramo de la hulla considerada evaporaría 12,86 litros de agua tomada á 0°, ó 15,25 litros de agua tomada á 100°.

Cualquiera que sea la perfección de las calderas, no pueden dar una cantidad de vapor por kilogramo de combustible quemado igual á la que dan las tablas. Una parte del calor producido es inevitablemente empleado en calentar los productos de la combustión que se pierden al exterior: otra parte del calor se pierde por la radiación de la caldera, del horno, y por el contacto del aire frío que les rodea: otras causas, en fin, tienden aún á disminuir la cantidad de vapor realmente obtenida en cada kilogramo de combustible echado sobre la rejilla. Tomando la relación de la cantidad de vapor realmente obtenido al peso del vapor que sería producido si la totalidad del calor se utilizara, se obtiene lo que se llama el efecto útil de la caldera en cuestión. Así, por ejemplo, si se alimenta una caldera con una hulla que pueda dar teóricamente 13<sup>k</sup>,5 de vapor, y si la experiencia diese solamente 6 kilogramos de agua evaporada, la relación de estos dos números, que es  $\frac{6,0}{13,5} = 0,44$ , se dice que el efecto útil de la caldera es de 44 por 100.

El problema principal que hay que resolver en la construcción de una caldera de vapor, es procurar que la relación de que se acaba de hablar sea la mayor posible. Antes de describir las disposiciones adoptadas para llegar á ese resultado, aún es necesario hacer conocer la cantidad de aire atmosférico necesario para quemar completamente un peso dado de combustible.

Para transformar en ácido carbónico 1 kilogramo de carbono puro, es necesario combinar con él 2<sup>k</sup>,667 de oxígeno: para quemar 1 kilogramo de hidrógeno puro, son necesarios 8 kilogramos de oxígeno: para quemar 1 kilogramo de azufre y transformarle en ácido sulfuroso, es necesario 1 kilogramo de oxígeno: en fin, para transformar 1 kilogramo de hierro en

peróxido de este metal, es necesario 0<sup>k</sup>,428 de oxígeno. Estas cifras permiten calcular los pesos de oxígeno, y por consiguiente, los volúmenes de este gas necesarios para quemar completamente 1 kilogramo de un combustible cuya composición se conozca. Por otra parte, como el aire atmosférico pesa 1293<sup>er</sup>,187 por metro cúbico á 0° bajo la presión de 0<sup>m</sup>,760, y no contiene en número redondo sino 0,21 de su volumen de oxígeno, ó 300<sup>er</sup>,258 por metro cúbico, se puede calcular el peso ó el volumen de aire á diferentes presiones y á diferentes temperaturas, necesarias para quemar 1 kilogramo de un combustible de una composición dada. Se admite para hacer estos cálculos que la totalidad del oxígeno del aire se emplea en la combustión, y que la totalidad del carbono se transforma en ácido carbónico. Se debe uno aproximar todo lo posible á estas condiciones, pero en la práctica, los gases que han atravesado el hogar aún contienen oxígeno, y por consiguiente, el volumen de aire necesario para la combustión en nuestros hogares es más considerable que el que indica el cálculo. Por otra parte, una cierta cantidad de compuestos carbonados escapan de la combustión en forma de humo ó de otro modo. Estas dos circunstancias disminuyen la cantidad de calor utilizado.

Se debe, pues, procurar el evitar cuanto sea posible estos inconvenientes, y al mismo tiempo, utilizar lo mejor posible el calor producido. Estas son las consideraciones, combinadas con las exigencias de la ejecución, que dirigen á los ingenieros en la construcción de las calderas.

Ahora podemos indicar los principales sistemas de este género de aparatos empleados para las máquinas agrícolas.

**PRINCIPALES DISPOSICIONES DE LAS CALDERAS.** Las calderas fijas, puestas en hornos de mampostería con chimeneas de ladrillo, se emplean rara vez en las explotaciones exclusivamente agrícolas, que tienen necesidad de 6 á 8 caballos de fuerza á lo más. Nos limitaremos, pues, á las noticias más indispensables para el establecimiento de aparatos de esta especie.

Las calderas de cuerpo cilíndrico, terminadas por casquetes esféricos, y con uno ó dos hervidores, son las más antiguamente empleadas. El hogar está bajo el hervidor, ó como en las calderas fijas de M. Albaret, bajo el cuerpo cilíndrico de la caldera. En todos los casos, la llama y los productos de la combustión circulan por canales de ladrillo que rodean todas las partes de la caldera, que contienen agua y que no se hallan expuestos directamente á la acción del hogar. Los canales terminan por un conducto más ó menos largo, que comunica con la chimenea.

La superficie de la rejilla de las calderas de cuerpo cilíndrico está calculada á razón de un decímetro cuadrado próximamente por cada kilogramo de hulla que hay que quemar por hora, ó sea para una máquina ordinaria de 0<sup>m</sup>.c.,04 por fuerza de caballo. La superficie de calentamiento total, comprendidos los canales, debe ser al rededor de 1<sup>m</sup>.c.,20 por caballo. Es prudente tener más bien más que menos de estas dimensiones, á fin de poder, si hay necesidad, emplear combustibles de mala calidad ó más voluminosos que la hulla.

Las calderas de cuerpo cilíndrico, con ó sin hervidores, son muy sencillas y fáciles de limpiar; pero se les prefiere en general, para economizar combustible, calderas de forma más complicada. Las calderas tubulares, por ejemplo, análogas á las calderas de las locomóviles, pero montadas en un horno de ladrillo, son hoy generalmente adoptadas, en las fábricas de destilación y de azúcar.

Cualquiera que sea la disposición de la caldera fija, las dimensiones de la chimenea de-

ben determinarse de manera que se asegure la fácil salida de la totalidad de los productos de la combustion. La seccion de la chimenea para alturas de 15 á 18 metros debe ser próximamente igual á un cuarto de decímetro cuadrado por cada kilógramo de hulla que hay que quemar por hora.

Las calderas de las máquinas locomóviles ó semi-fijas que la agricultura emplea generalmente hoy difieren esencialmente de las calderas fijas de hervidores. El hogar forma parte de la misma caldera, y no exige ninguna construccion de mampostería; la superficie de caldeoamiento es muy considerable con relacion al volúmen del aparato, lo que permite obtener una evaporacion enérgica con calderas de un peso relativamente pequeño. Las calderas tubulares, análogas á las de las locomotaras de los caminos de hierro, se emplean por cuasi todos los constructores de locomóviles. La figura 8.<sup>a</sup> tiene sus tubos horizontales y las 9 y 10 verticales.

La rejilla sobre la que se quema el combustible forma el fondo de la caja de fuego, cuyas demas caras están enteramente envueltas por el agua de la caldera. La llama y productos de la combustion se escapan por una serie de tubos metálicos poco espesos, que atraviesan el agua encerrada en el cuerpo cilíndrico de la caldera. Estos tubos desembocan en la caja de humo, en cuyo vértice se eleva la chimenea de palastro de la locomóvil. Los tubos de las calderas de las locomóviles son de hierro, y mejor de latón: deben tener lo ménos de 0<sup>m</sup>.050 á 0<sup>m</sup>.060 de diámetro interior, y no estar demasiado próximos los unos á los otros. No se debe vacilar en aumentar un poco el diámetro del cuerpo cilíndrico de la caldera para que los tubos sean de un diámetro suficiente y convenientemente separados, porque esta disposicion hace las limpiezas más fáciles, y por otro lado, las placas que cierran la caja de fuego y la de humo, partes las más delicadas de la caldera, son mucho más sólidas y más durables que aquellas en que los agujeros están demasiado próximos. Los tubos deben entrar exactamente, pero sin frotamiento en los agujeros de las placas de la caja de fuego y de la del humo. Cuando ya están en su sitio, se les ensancha ligeramente con ayuda de un mandril cónico, que les obliga á aplicarse sólidamente sobre la circunferencia de los agujeros que deben recibirle. En fin, se les fija de una manera invariable con rodajas, ligeramente cónicas, que se ponen en las extremidades de cada tubo, con ayuda de un mandril de madera dura, sobre el que se dan golpes suaves y con precaucion. Se deben poner en su lugar todos los tubos, y poner poco á poco y simultáneamente todas las rodajas, pegando á las unas despues de á las otras repetidas veces. Operando así, se evita el deformarlas, ó al ménos fatigar las placas, como no podria ménos de suceder apretando á fondo primero una rodaja, despues otra, y así sucesivamente. Los anillos ó rodajas de los tubos deben ser de acero, y no tener más de 0<sup>m</sup>.002 de espesor, para no reducir demasiado la entrada de los tubos, lo que aumentaria la resistencia á la salida de los productos de la combustion. Estos anillos de acero no deben introducirse enteramente en el fondo en el momento de su colocacion, para dejar medio de aumentar más tarde el grado de ajuste si algunas huidas lo hacen necesario. La longitud de los tubos de las loco-móviles agrícolas, donde el tiro no es muy activo, no debe, en general, exceder de 25 á 35 veces su diámetro. La superficie de las rejillas en las condiciones ordinarias varia de 4 á 7 decímetros cuadrados por fuerza de caballo. Se debe adoptar el límite superior para las máquinas de 3 á 4 caballos. La superficie de caldeoamiento, comprendiendo la caja de fuego y los tubos de humo, varia de 1<sup>m</sup>.c. 1 á 1<sup>m</sup>.c. 9 por caballo. En general, conviene dar á los hogares de las loco-móviles rurales un hogar mayor que el de las loco-móviles industriales de la misma

fuerza, á fin de poder quemar, cuando hay necesidad, madera de mala calidad, ó desechos cuasi sin valor, de que se dispone algunas veces en el campo. Disponiendo delante de la puerta del hogar una especie de laminador acanalado, puesto en movimiento por la misma máquina, se puede alimentar, por decirlo así, automáticamente el hogar con paja. Una máquina de este género figuraba en la Exposicion universal de Viena. La paja es demasiado cara á veces para que se pueda emplear en calentar las máquinas de vapor; pero con un laminador convenientemente dispuesto se podria alimentar económicamente la máquina con zarzas, brezos y malezas, de que no se hace, en general, ningun uso útil. Este problema merece llamar la atencion de los constructores de las comarcas pantanosas ó arenosas.

Las calderas tubulares, aparte de sus ventajas, tienen el inconveniente muy grave, sobre todo para máquinas agrícolas, de que su cuidado está en general confiado á mecánicos poco ejercitados, y de ser muy difíciles de limpiar. Cuando los tubos se han incrustado con los sedimentos, la limpieza obliga alguna vez á tener que desmontar toda la caldera. Este inconveniente está evitado con las calderas de hogar movable y de retorno de la llama.

Las calderas de este género se componen de dos partes principales:

1.<sup>o</sup> El vaporizador, comprendiendo el hogar interior, el retorno de la llama, el haz de tubos comprendidos entre la placa tubular de delante y la de atrás.

2.<sup>o</sup> La caja, formada por un gran cilindro, en cuyo interior está colocado el vaporizador; ambos están unidos uno á otro por una junta única, con bridas, pernos y anillo de cautchuc. Esta rodela puede desmontarse muchas veces, porque siendo la junta exterior, no está jamás muy caliente. Los gases producidos por la combustion ganan la chimenea, pasando por el retorno de la llama y por el haz de tubos.

Esta disposicion de la caldera hace las limpiezas fáciles. Para quitar las incrustaciones formadas en el aparato, se sueltan los pernos de la única junta de bridas, se ponen unos rodillos bajo el hogar, y con ayuda de una pequeña palanca, se separa el vaporizador de la caja. El vaporizador y cuerpo de caldera son muy fáciles de visitar en todas sus partes: se puede, pues, desembarazarles fácilmente de las incrustaciones y hacer todas las reparaciones necesarias. La caldera puede en seguida ponerse en servicio, tan pronto como los pernos de junta estén apretados, de suerte que el desmontaje, la limpieza y remontaje pueden hacerse en algunas horas. En la caldera cuya disposicion hemos indicado, y que fué construida con sumo cuidado por los MM. Weyber, Loreau y compañía, el vaporizador está mantenido solamente por delante y se dilata libremente por detrás, sin que sea molestada por ninguna resistencia. Las placas tubulares no reciben directamente el golpe de fuego, y así están sustraídas de una causa seria de deterioro que presentan cierto número de otros sistemas de calderas de hogar interior. El desmontar la gran junta no presenta ninguna de las dificultades que se podrian temer, gracias á unos pernos de tornillo que atraviesan solamente una de las bridas, y cuyos extremos vienen á oprimir la otra brida cuando se quiere abrir la junta.

Cierto número de constructores emplean, para las máquinas semi-fijas, calderas tubulares verticales. Esta disposicion se hace algunas veces necesaria por el poco espacio de que se puede disponer ó por la disposicion general de la máquina, pero no presenta ventaja particular ni disminuye las dificultades para quitar las incrustaciones que se depositan sobre los tubos, y puede hacer los golpes de fuego más peligrosos. Es, sobre todo, con objeto de evitar estos inconvenientes y facilitar su limpieza, por qué han dispuesto los

MM. Hermann La-chapelle y Glover, la caldera de sus máquinas; la figura 9 indica el modelo del primero de estos constructores.

Á veces la caldera está formada de un cuerpo cilíndrico exterior, en el que se halla una caja de fuego concéntrica, atravesada por dos hervidores horizontales. Los tapones autoclaves, puestos frente por frente de cada hervidor, hacen las limpiezas muy fáciles. Desgraciadamente, las calderas de este género no son muy económicas bajo el punto de vista de consumo de combustible.

Las calderas de vapor, cualquiera que sea su forma, deben estar siempre dotadas de válvulas de seguridad, de un tubo indicador del nivel del agua, de llaves de aforo, de un manómetro, de tapones para vaciar y limpiar. Estos aparatos accesorios, son muy sencillos y perfectamente ejecutados hoy día por todos los constructores. Es inútil detallarlos aquí.

Las reglas que hay que seguir para calcular el espesor de las calderas según su forma ó materiales que las constituyen, están ya determinadas en Francia por el reglamento de la administración pública.

Los constructores están hoy libres completamente de ese trabajo. Los reglamentos fijan solamente los aparatos de seguridad de que las calderas deben estar dotadas, y hacen conocer todas las condiciones á que están sometidas las propiedades de las máquinas de vapor. En España no hay tales reglamentos, y sólo en algunas poblaciones se dan reglas para la colocación y dimensiones de las calderas de vapor.

Las loco-móviles agrícolas deben funcionar cerca de las granjas y de los depósitos de materias combustibles, y conviene tomar precauciones especiales contra el arrastre de pavesas por la chimenea, sobre todo cuando se quema madera. Se puede, con este objeto, cubrir la chimenea con un gran capuchon de tela metálica, ó con uno de los aparatos que se usan para el caso. Los pequeños fragmentos inflamados se ven obligados á girar en el vértice del tubo; los más pequeños se apagan ántes de escaparse, y los mayores caen en el espacio dispuesto para recibirlos al rededor de la chimenea.

Después de haber indicado los principios generales de la construcción de las calderas, debemos dar algunas explicaciones sobre el motor propiamente dicho.

**PRINCIPALES DISPOSICIONES DE LA MÁQUINA MOTRIZ.** Todo el mundo conoce, en principio, el modo de funcionar de las máquinas de vapor ordinariamente empleadas. Se sabe que el órgano principal del aparato es un cilindro perfectamente alisado, en el que entra un émbolo guarnecido de una espiga que sale del cilindro á través de una caja de estopa dispuesta de manera que no dé paso al vapor. Esta espiga está unida á una biela que mueve un manubrio puesto sobre el árbol del volante. Si el émbolo está animado de un movimiento alternativo de vaiven, trasmite necesariamente al árbol, con ayuda de una biela, un movimiento de rotación. El movimiento alternativo del émbolo, es producido por el vapor. Si se supone, en efecto, para fijar las ideas, que el émbolo esté en la extremidad de su carrera, á la derecha, y que se haga llegar el vapor á una presión más ó ménos elevada sobre su cara de la derecha, mientras que la parte del cilindro situada á la izquierda comunica con el aire, es evidente que el émbolo será empujado por el vapor y tenderá á ponerse en movimiento hácia el otro extremo del cilindro. Esta posición es la que está indicada en la figura 11. Si en el momento en que llegue á la extremidad izquierda se cierra la comunicación con la caldera de la parte derecha del cilindro y se la pone en comunicación con el aire exterior, mientras que la parte izquierda se ponga en comunicación con la caldera, es claro que el émbolo, empujado por el vapor, volverá hácia el extremo de la derecha, y que

esta serie de movimientos alternativos podrá repetirse indefinidamente. Las comunicaciones entre la caldera ó el aire exterior y las porciones del cilindro, puestas á derecha é izquierda del pistón, están establecidas con ayuda de un aparato especial, llamado caja de vapor ó caja de repartición de vapor, que se designa con el nombre de *distribuidor*. El vapor llega desde la caldera por un tubo á la caja de vapor, donde se mueve el distribuidor, y comienza á comunicar con la cara derecha del émbolo por un canal practicado en la masa del metal, y esta comunicación existirá tanto tiempo como el distribuidor esté animado de un movimiento de derecha á izquierda. La porción del cilindro, puesta á la izquierda del émbolo, comunica, al contrario, con el exterior, por una abertura que suele haber debajo del distribuidor. Cuando se dirija éste de izquierda á derecha en tiempo oportuno, las comunicaciones se establecerán evidentemente en sentido contrario, es decir, que el vapor llegará sobre la superficie izquierda y que el escape del vapor de derecha se hará al exterior. El movimiento de vaiven del distribuidor es producido por un excéntrico colocado sobre el árbol principal de la máquina.

La descripción que precede tiene solamente por objeto referir la disposición fundamental de la marcha de las máquinas de vapor.

La figura 11 indica dicho distribuidor, que es como un cajón boca abajo, en la parte superior de la misma. En la posición señalada viene el vapor en la dirección de la flecha superior, penetra por el conducto que hay bajo ésta y baja al émbolo. Este es el que está á la derecha de la flecha inferior, y no se marca la tapa del cilindro. El vapor que, procedente de la embolada anterior, está á la izquierda del émbolo sale como indica la flecha inferior y por el conducto de la izquierda sube al distribuidor y baja al hueco central que hay bajo éste, cual comunica con la atmósfera.

En las buenas máquinas las cosas no pasan tan simplemente como se acaba de decir.

**TRABAJO MECÁNICO DEL VAPOR.** Antes de ir más lejos, es necesario ahora demostrar cómo se puede dar cuenta del trabajo mecánico producido por el vapor en una máquina de cilindro.

Representemos, por una recta para fijar las ideas, el esfuerzo ejercido por el vapor sobre la cara del émbolo de una máquina de vapor de cilindro horizontal; es decir, el producto de la superficie del émbolo por la presión por unidad de superficie del vapor empleado. Si el émbolo bajo la acción del vapor que viene libremente de la caldera de presión constante recorre un cierto espacio, el trabajo producido será igual al esfuerzo ejercido multiplicado por el camino recorrido.

Este trabajo estará, pues, representado gráficamente por un rectángulo, teniendo por altura el esfuerzo ejercido, y por base el espacio recorrido por el émbolo. Por consiguiente, para la longitud total de la carrera del émbolo, el trabajo producido será igual al producto de ambas líneas, y estará desde luego representado gráficamente por la superficie del rectángulo construido sobre ellas. Pero es necesario restar de este trabajo el producido por la contrapresión que el émbolo sufre en sentido inverso sobre su otra cara. Si suponemos en el caso actual que la contrapresión es constantemente igual á la presión atmosférica, y la representamos por otra línea, su trabajo estará representado por otro rectángulo. De suerte que el trabajo efectivo del vapor estará expresado por la superficie del rectángulo anterior, disminuida en la superficie del nuevo, es decir, por el rectángulo que tiene por base la carrera del émbolo, y por altura la diferencia de la presión del vapor y