

TABLA PARA LA COMPOSICION DE LAS RONDELAS Ó DISCOS FUSIBLES Á DIFERENTES TEMPERATURAS.

PARTES QUE ENTRAN EN LA COMPOSICION.			Tension del vapor en atmósferas.	Temperatura correspondiente en grados centig.
Partes de bismuto.	Partes de plomo.	Partes de estaño.	Atmósferas.	Grados centigrados.
8	6'44	3	1	100
8	8	3'80	1 1/2	112'4
8	8	7'50	2	121'5
8	9'69	8	2 1/2	128'8
8	12'64	8	3	135
8	13'80	8	3 1/2	140'6
8	15	8	4	145'4
8	16	9	4 1/2	149'1
8	16	19	5	153'3
8	25'15	24	5 1/2	156'7
8	27'33	24	6	160
8	28'66	24	6 1/2	163'3
8	29'41	24	7	166'4
8	38'24	24	8	172'1

Por esta tabla se ve que un disco ó rondela que se componga de 8 partes de bismuto, 27'33 de plomo y 24 de estaño será fusible á la temperatura de 160 grados centígrados correspondientes á la tension de 6 atmósferas.

El *manómetro* debe hallarse constantemente en comunicacion con la caldera para indicar la tension efectiva del vapor, y como se dijo al tratar de la ley de Mariotte y de sus aplicaciones, (*pág.* 84 y 87), puede ser de aire comprimido ó de aire libre, así como se puede usar el manómetro metálico de Bourdon.

El manómetro de aire libre debe fijarse directamente á la caldera y solo se emplea cuando la tension del vapor no llega á cuatro atmósferas.

Tambien se usa el *termo-manómetro* que consiste en un termómetro de mercurio graduado á propósito para señalar temperaturas hasta 200 grados, indicando en el lugar correspondiente las atmósferas y fracciones de atmósfera con arreglo á las relaciones conocidas que se han notado en una de las tablas anteriores. La esferita del termómetro no está sumergida en el vapor de la caldera porque la presión falsearía las indicaciones termométricas, sino que se encierra en un tubo metálico cerrado por debajo y fijado en las paredes de la caldera. El espacio que media entre la esferita y las paredes del tubo se llena con limaduras de cobre ó de otro cuerpo buen conductor.

INDICADOR MAGNÉTICO DE MR. LETHUILLIER. Los aparatos para indicar la altura del nivel de agua en el interior de las calderas son principalmente, como se ha visto, los flotantes y los tubos de vidrio adaptados al exterior de las mismas, pero todos en general adolecen de graves inconvenientes y defectos, que todas las precauciones imaginables no bastan á corregir de una manera satisfactoria.

El flotante comun exige un orificio en la caldera para que pase libremente el hilo de cobre que le sostiene, lo cual facilita la salida al vapor aunque sea en poca cantidad, y el tubo de cristal se enturbia al poco tiempo de estar en uso y muy á menudo se rompe ocasionando una pérdida de agua y de vapor de no poca consideracion.

Pero Mr. Lethuillier-Pinel, mecánico de Rouen, que se ocupa principalmente en la construccion de aparatos de seguridad y demás accesorios para las calderas, ha inventado un nuevo flotante que combinado á voluntad con una válvula de seguridad y un silvato de alarma satisface completamente todos los deseos. Este flotante está dispuesto de modo que funciona y hace señal así cuando hay exceso como si hay defecto de agua en la caldera. El apa-

rato (fig. 87) consiste en una caja rectangular *d*, de cobre, fijada en la parte superior de la caldera y en comunicacion exclusiva con ella, la cual se llena igualmente de vapor. La varilla *c* está sujeta en su parte inferior á un flotante formado con dos casquetes esféricos de cobre rojo, bien unidos, y en su extremo superior *e* lleva una pieza de acero en forma de herradura fuertemente imantada, la cual sube y baja con el flotante. Este iman permanente ejerciendo su accion al través de la pared de la caja hace mover una aguja *h*, enteramente libre, que mantiene contra la superficie graduada *n* solo en virtud de la atraccion magnética. El flotante *A* por ser hueco tiene menor densidad que el agua, y por esto se eleva y descendiendo con el nivel, en cuyo caso el iman *e* hace subir y bajar la aguja exterior *h* haciéndole recorrer las divisiones de una escala graduada cuyo cero corresponde al nivel normal del agua en la caldera. La varilla *c* tiene además un clavito *t* que al descender el nivel, 5 centímetros debajo del punto señalado, arrastra el tirante *q* de la palanca, y abriendo la válvula *v* permite la salida al vapor por la cúspide *x* en que hace dar la señal por el silvato de alarma situado en *s*. Si el nivel se eleva 12 centímetros mas de lo que corresponde, la pieza *b* empuja el brazo *f* de la misma palanca y produciendo la abertura de la válvula da igualmente la señal por el silvato. La plancha graduada se ha planteado con el fin de que las divisiones y los movimientos de la aguja aparezcan bien distintos á la distancia conveniente. En el tubo adicional *z* está la válvula de seguridad *u*.

El aparato es completo y ofrece todas las seguridades apetecibles, porque la imantacion del acero no sufre alteracion sensible por la temperatura, pues hay aparatos de esta clase que cuentan cuatro y mas años de servicio y fun-

cionan como el primer dia. El precio de todo el aparato no pasa de 200 francos.

ALIMENTACION DE LAS CALDERAS. Las calderas deben ser alimentadas de continuo para que nunca falte el agua indispensable á la produccion del vapor y el nivel interior se mantenga á la altura conveniente. Varios son los aparatos alimentarios que se han ensayado hasta el dia, pero generalmente se alimenta la caldera por medio de una bomba movida por la misma máquina á que se aplica la fuerza; y esta bomba es la que en las máquinas de vapor se llama alimentaria.

Es preferible en todos casos la alimentacion continua, pero como muchas veces no se puede alcanzar por circunstancias especiales, es preciso que el fogonista abra ó cierre las espitas que dan paso al agua para que no falte la necesaria. En las locomotivas la alimentacion de las calderas es intermitente y los maquinistas reconocen si el agua es enviada convenientemente á la caldera por medio de las llaves de prueba adaptadas á los tubos alimentarios.

Aparato alimentario para las calderas fijas de alta presion. En las calderas en que la tension del vapor es mayor de cuatro atmósferas se regula la alimentacion por medio del aparato representado en la (fig. 83). El agua llega de la bomba alimentaria por el tubo *f* y entra en la caldera por la abertura *d*. Cuando el nivel se eleva hace subir el flotante *a* y bajando el extremo *b* de la palanca cierra la válvula *d*, y el agua que va llegando vuelve al depósito por el tubo *g* de descarga. Si el nivel baja, baja tambien el flotante *a* y haciendo subir la varilla *bh* abre la válvula *d* para dar entrada al agua.

En las calderas en que es poca la tension del vapor se puede emplear el *aparato alimentario* llamado *de columna de agua*. Este aparato (fig. 84) consiste en un tubo verti-

cal *a* fijado en la caldera, el cual penetra cerca de un decímetro en el agua cuando esta se halla á la altura media que debe conservar. La longitud ó elevacion del tubo dependerá de la tension del vapor en la caldera, pues el peso de la columna de agua debe equilibrarse con aquella tension. En el extremo superior hay un recipiente ó cubeta con dos tubos; uno *f* por donde llega el agua del depósito alimentario, y otro *g* que sirve para descargar el exceso de agua traída. Se ve desde luego que si el nivel sube, el flotante *b* se eleva y la palanca *hd* cierra la válvula *e*; y que si el nivel baja, el flotante descende y abriendo la válvula *e* facilita la entrada al agua. Este aparato puede disponerse de modo que haga el oficio de válvula de seguridad, pues si el nivel baja demasiado por falta de alimentacion al llegar debajo del tubo vertical el vapor se escapará por él, y esto servirá de aviso al fogonista para que procure remediar la falta de agua. Si por el contrario la tension del vapor sobrepuja al peso de la columna de agua, esta será repelida y arrojada por arriba hasta que haciendo bajar el nivel debajo del tubo vertical saldrá por el vapor como en el otro caso.

Bomba alimentaria. En todos los casos es preciso emplear una bomba para la alimentacion, ya sea para elevar el agua á la altura del aparato alimentario ó ya para inyectarla directamente á la caldera. Esta bomba (fig. 85) se diferencia poco de una bomba comun: *c* es el tubo de aspiracion por donde entra el agua del condensador ó del depósito alimentario levantando la válvula *e*. Cuando el émbolo *n* sube, la válvula *d* permanece cerrada y abriéndose la *e* entra el agua en el cuerpo de bomba; cuando el émbolo baja se cierra la válvula *e* y abriéndose la *d* el agua pasa á la caldera ó al recipiente alimentario por el tubo *h*.

La bomba alimentaria es á simple efecto y por esto debe hacerse el cálculo de sus dimensiones con arreglo á esta circunstancia para que en una oscilacion sencilla proporcione la cantidad de agua que se reduce á vapor durante una oscilacion doble del cilindro de la máquina ó la que corresponde al vapor gastado en la misma oscilacion. Para compensar las pérdidas que siempre ocurren, y con el fin de que nunca pueda faltar el agua necesaria, se hace el volúmen de la bomba igual al del agua gastada en una oscilacion aumentando de su cuarto; y se tiene la fórmula, $0'7854 \times d^2 \times c = \frac{1}{4} v$ de la cual resulta

$$d = \sqrt{\frac{v}{0'62832 \times c}}; \text{ es decir, que para hallar el diámetro}$$

*de la bomba alimentaria se dividirá el volúmen del agua gastada durante la oscilacion por lo que resulta de multiplicar 0,62832 por el curso *c* del émbolo de la misma, y se extraerá del cociente la raíz cuadrada.*

El volúmen *v* del agua se expresará en metros cúbicos, y el curso *c* del émbolo en metros lineales, por cual razon el diámetro *d* se obtendrá tambien en metros.

DIMENSIONES DE LA REJA. El hornillo en que se hace el fuego se compone de una reja horizontal colocada de 30 á 40 centímetros debajo de la caldera ó de los bullidores: sobre ella se extiende la hulla lo mas regular que sea posible haciendo que las capas del combustible no excedan de 5 á 6 centímetros de espesor.

La superficie total de la reja se puede determinar dándole de 7 á 8 decímetros cuadrados por cada caballo de fuerza. Tambien se ha observado que por cada metro cuadrado de superficie se consumen 40 kg. de hulla en una hora, por cuya razon se hallará la superficie total de la

reja en metros cuadrados, cuando se conozca la cantidad de combustible que se ha de consumir por hora, partiendo dicha cantidad de combustible por el número 40. Á la reja se le da de la tercera parte á la mitad de la longitud total de la caldera.

Las barras que forman la reja se hacen de hierro colado dando á su seccion transversal la forma de un trapecio cuya base mayor corresponde á la parte de arriba para facilitar el paso del aire y dar mejor salida á los residuos de la combustion. La base mayor del trapecio se hace de 20 milímetros y la menor de 10.

Las barras de la reja se hará que dejen un vacío de una á otra que no pase de 8 milímetros, y la suma total de los vacíos será segun la calidad mas ó menos gruesa de la hulla el $\frac{1}{3}$, ó el $\frac{1}{4}$ de la superficie total de la reja. También podrá reducirse hasta el $\frac{1}{5}$ ó $\frac{1}{7}$ de dicha superficie.

Si para la combustion se gasta leña es preciso dar á la reja un metro cuadrado de superficie por cada 85 kg. de combustible que deba consumirse en una hora, y la suma de los vacíos ó espacios entre las barras debe ser en este caso el $\frac{1}{4}$ de la superficie total de la reja.

Cuando la combustion no puede hacerse con facilidad por la falta del aire indispensable en razon de ser reducido el local y no tener entrada la cantidad que requiere el combustible que se emplea, la experiencia ha probado ser un gran recurso para activar la combustion el establecer un depósito de agua debajo de la reja, proporcionando además una economía no despreciable.

Debajo de la reja habrá el espacio correspondiente para recibir la ceniza y demás residuos de la combustion, y para dar libre y fácil entrada al aire necesario á esta. La profundidad del cenicero está limitada por la longitud de la reja, pero á veces se prolonga en forma de bóveda en

toda la longitud del horno con el fin de activar mejor el tiraje del aire.

Conductos de la llama. Los conductos por donde ha de pasar la llama deberán ser tales que su seccion transversal equivalga á la cuarta parte de la superficie total de la reja, y el fondo del primero se situará cuando menos un decímetro mas elevado que dicha reja. Es hasta cierto punto inútil multiplicar estos conductos, pues para los efectos del calor basta que la llama caliente el fondo de la caldera y circule una sola vez por su alrededor pasando luego á la chimenea.

Á la chimenea se le darán de 20 á 36 metros de altura y su seccion transversal será el quinto de la superficie total de la reja si no pasa de 20 metros, pero si la altura es mayor se le dará de seccion un sexto de dicha superficie.

Para determinar la seccion de la chimenea se podrá emplear el cálculo, teniendo presente: 1.º que para consumir un kilogramo de hulla se necesitan 18 metros cúbicos de aire: 2.º que este aire al atravesar el hornillo y los conductos de la llama cederá parte de su oxígeno que será reemplazado por ácido carbónico y vapor de agua, y al salir por la chimenea á la temperatura media de 300º tendrá segun Mr. Pécelet un volúmen de 38'54 metros cúbicos por cada kilogramo de hulla; y 3.º que la velocidad de estos gases á su salida estará expresada teóricamente por la fórmula,

$$V = \sqrt{19.6 \times A \times 0.00375 (t - t')}$$

siendo A la altura de la chimenea, en metros; t la temperatura de los gases á la salida, y t' la temperatura del aire frio antes de llegar al hornillo. La fórmula práctica por la cual deberá calcularse la velocidad efectiva será,

$$V = \sqrt{0.036 \times A \times (t - t')}$$

pues que debe por término medio equivaler á los siete décimos de la velocidad teórica.

De lo dicho se infiere, que sabiendo los kilogramos de hulla que se consumen en una hora, se hallará el volúmen de los gases á que debe darse salida multiplicando por 38'54 metros cúbicos; y partiendo el producto por la velocidad calculada segun la fórmula anterior se tendrá la seccion mínima que habrá de darse á la chimenea.

Ejemplo : Hallar las dimensiones de la reja, de los conductos de la llama y de la chimenea para una caldera de la fuerza de 12 caballos, siendo la tension del vapor inferior á dos atmósferas.

Superficie de la reja= $12 \times 0'08 = 0'96$ m. cuad.

Suponiéndola cuadrada tendrá su lado= $\sqrt{0'96} = \dots$ 0'98 metros, esto es, 98 centímetros.

Los vacíos entre las barras de la reja tendrán juntos $0'96 \div 4 = 0'24$ metros cuadrados.

La superficie caldeada será= $12 \times 1'40 = 16'8$ metros cuadrados.

La seccion de cada uno de los conductos de la llama será, $0'96 \div 4 = 0'24$ metros cuadrados. Si esta seccion se supone cuadrada su lado será de 49 centímetros próximamente.

Á la chimenea se le podrán dar 25 metros de altura.

Segun la relacion establecida anteriormente se gastarán por término medio 39 kilogramos de combustible por hora, y en este caso el aire necesario á la combustion será $39 \times 18 = 702$ metros cúbicos, pero el conjunto de gases á la salida de los conductos de la llama formarán, segun Mr. Pécelet, un volúmen de $39 \times 38'54 = 1503'06$ metros cúbicos por hora, que corresponde á 0'4175 metros cúbicos por segundo.

Suponiendo ahora que la temperatura del aire frio es

de 15° centígrados y que la de aquellos gases es de 300°, la velocidad al salir por la chimenea será,

$$V = \sqrt{0'036 \times 25 \times (300 - 15)} = 16'15 \text{ metros.}$$

De modo que dichos gases saldrán por la chimenea con una velocidad de 16'15 metros por segundo.

Partiendo el volúmen hallado de gas por esta velocidad se tendrá la seccion mínima de la chimenea, que dará $0'4175 \div 16'15 = 0'026$ metros cuadrados. Es decir, que la seccion de la chimenea en su extremo superior deberá ser próximamente de 2'6 decímetros cuadrados.

Esta seccion es la mínima, por cuya razon se le dará una dimension algo mayor, como de 3 ó 4 decímetros cuadrados, pues será regular, como sucede comunmente, que la fuerza de la caldera tenga de aumentar alguna vez, y al efecto podrá colocarse una especie de registro á la raíz de la chimenea para aumentar ó disminuir la abertura segun convenga.

Tubos para la conduccion del vapor. El vapor pasa de la caldera á la caja de distribucion y al cilindro en que obra, por medio de tubos cilindricos cuyo diámetro será proporcionado á la cantidad de vapor consumido en un tiempo dado. El diámetro de estos tubos es comunmente el $\frac{1}{3}$ del diámetro del cilindro en que ejerce su accion el vapor, pero se puede calcular con mas precision hallando el volúmen del vapor gastado en un segundo, y dividiéndolo por la velocidad que adquiere en estos tubos: el cociente será la superficie de la seccion por cuyo medio se determinará el diámetro. La velocidad del vapor en los tubos de conduccion se hallará por la fórmula $v = \sqrt{19'6 \times (P - p) \div p'}$ en que P es la tension del vapor; p la tension del aire ó gas que se opone á su salida, y p' el peso de un metro cúbico del mismo vapor.