

dando sobradamente compensada la diferencia que podria resultar en contra del espesor haciendo que el número resultante de los dientes disminuya de uno ó dos para que esté en relacion con el número de brazos de la rueda y con la rotacion de la misma.

Finalmente las ruedas de ángulo son mas difíciles de trazar y de construir que las ruedas planas, y además tienen el inconveniente de ejercer presiones laterales que tienden á hacer resbalar los ejes, lo cual ocasiona siempre rozamientos inútiles y perjudiciales. Por esta razon mientras lo permitan las disposiciones particulares de las máquinas se preferirán los engranajes planos á los cónicos por ser menos dispendiosos que estos y no ofrecer tantos inconvenientes.

Advertencia. No hemos tratado de explicar el trazado de las cicloides, epicycloides y evolventes en razon de que se enseña su construccion teórica y práctica al hacer los elementos de dibujo lineal que son indispensables á todos los industriales que se ocupan de las máquinas. El trazado minucioso de dichas curvas se hallará en las obras de dibujo lineal publicadas en Barcelona y en otros puntos de España.

Otra. Para la construccion de los dientes de madera se tendrá presente que el *boj* es la mas resistente de todas, siguiendo por su órden la *encina*, la *acacia*, el *roble*, el *olivo* y el *peral*. El *olmo* no sirve para dientes porque hace estopa, pero es la mejor madera para ejes de los carros, y para camones de ruedas.

VAPOR Y SUS EFECTOS.

Cuando un líquido cualquiera se halla sometido á la accion del fuego se descompone en partes sumamente su-

tiles que se elevan por el aire formando una especie de humo, y esto es lo que se llama *vapor*. El vapor que mas nos interesa conocer es el de agua y vamos á tratar de sus principales propiedades.

Si se calienta el agua contenida en un vaso abierto su temperatura se eleva hasta 100 grados del termómetro centígrado ú 80 de Reaumur; en este instante se establece el equilibrio entre la presion del aire y la temperatura del agua que entra en el estado de ebulicion formando un vapor muy visible. Este vapor producido al aire libre no tiene ninguna fuerza, y por mas que se continúe la combustion la temperatura del agua no varia sensiblemente empleándose el exceso de calórico en reducir á vapor toda el agua contenida en el vaso.

Cuando el agua es calentada en el interior de un vaso herméticamente cerrado, el vapor producido pasa á ocupar el espacio libre de la parte superior y adquiere una tension ó fuerza elástica que aumenta con la temperatura del agua; la tension del vapor y la temperatura que la produce se hallan tan íntimamente enlazadas que la una no puede aumentar ni disminuir sin que la otra aumente ó disminuya convenientemente. La concentracion del vapor en el interior de una caldera herméticamente cerrada, á una temperatura mas ó menos elevada, hace que su potencia sea mas ó menos enérgica.

Presion del vapor. Llámase presion, tension ó fuerza elástica del vapor al esfuerzo que ejerce sobre la unidad de superficie. Esta unidad de superficie que se toma por término de comparacion, es el centímetro cuadrado.

La fuerza elástica del vapor se aprecia generalmente en atmósferas; pues se toma por unidad la presion atmosférica que, como se dijo al tratar del barómetro, equivale á 1·0335 kg. por cada centímetro cuadrado de superficie,

y por lo mismo á 10,335 kg. por metro cuadrado: la temperatura del vapor en este caso es de 100 grados centígrados.

De esto resulta, que *para hallar la presion del vapor á otra temperatura cualquiera se multiplicará el número dado de atmósferas por 10,335 kg.*

Ejemplo: Hallar la presion del vapor á la temperatura de 160 grados centígrados, sobre un émbolo de 20 centímetros de diámetro.

La temperatura de 160 grados centígrados corresponde á la tension de 6 atmósferas, de lo cual resulta, que si una atmósfera produce una presion de 1'0335 k. por cada centímetro cuadrado de superficie, 6 atmósferas producirán $1'0335 \times 6 = 6'201$ kg. por centímetro cuadrado.

La superficie del émbolo $= 0'7854 \times (20)^2 = 314'16$ centímetros cuadrados.

Presion sobre el émbolo $= 314'16 \times 6'201 = 1948'1$ kilogramos.

La presion total sobre el émbolo en cuestion será poco mas de 1948 kilogramos.

Peso del vapor: El fisico Mr. Gay-Lussac ha probado por sus constantes y delicados experimentos, que el volúmen del vapor producido por un gramo de agua, á la temperatura de 100 grados y bajo la presion de 76 centímetros de mercurio, es de un litro y siete décimos. De esto se sigue, que un metro cúbico de vapor á igual presion y á la misma temperatura pesará 588'2 gramos.

Siempre que se quiera calcular el peso de un metro cúbico de vapor á cualquier otra temperatura se usará la

fórmula $P = \frac{0'809 \times n}{1 + 0'00375}$ en la cual n representa el

número de atmósferas correspondiente á la tension del vapor, t la temperatura en grados centígrados y P el peso en kilogramos de un metro cúbico de vapor.

La tension del vapor y la temperatura correspondiente están enlazadas por la siguiente fórmula :

$$n = (1 + 0'007153) (t - 100)^5$$

por la cual se hallará una cualquiera de estas dos cosas cuando se conozca la otra.

Ejemplo: Hallar el peso de un metro cúbico de vapor á la temperatura de 160 grados centígrados.

La temperatura de 160° corresponde á la tension de 6 atmósferas, y la fórmula dará :

$$P = \frac{0'809 \times 6}{1 + 0'00375 \times 160} = \frac{4'854}{1'600} = 3'034 \text{ kg. próximamente.}$$

En virtud de los principios sentados hasta aquí y haciendo uso de las fórmulas que se acaban de exponer así como de la que se halla en la (pág. 86), se ha formado la siguiente tabla :

TABLA DE LA FUERZA ELÁSTICA, TEMPERATURA Y PESO DEL VAPOR BAJO DIFERENTES PRESIONES.

Elasticidad en atmósferas.	Coluna de mercurio á cero grados.	Presion en hg. por cada centimetro cuadrado.	Temperatura en grados centigrados.	Peso de un metro cúbico de vapor.	Volumen de un kilógramo de vapor.
Atmósferas.	Milímetros.	Kilógramos.	Grados.	Kilógramos.	Litros.
1/2	0'38	0'516	82'0	0'310	3229'4
3/4	0'57	0'776	92'0	0'431	2217'2
1	0'76	1'033	100'0	0'588	1700'0
1'18	0'90	1'218	105'0	0'684	1454'9
1 1/4	0'95	1'292	106'4	0'723	1381'3
1 1/2	1'14	1'550	112'4	0'854	1171'6
2	1'52	2'067	121'5	1'111	899'9
2 1/4	1'71	2'325	125'5	1'238	808'0
2 1/2	1'90	2'583	128'8	1'363	733'5
2 3/4	2'09	2'843	132'1	1'487	672'4
3	2'28	3'101	135'0	1'611	627'7
3 1/4	2'47	3'359	137'7	1'734	576'8
3 1/2	2'66	3'617	140'6	1'855	539'1
4	3'04	4'134	145'4	2'096	477'1
4 1/2	3'42	4'651	149'1	2'334	428'4
5	3'80	5'168	153'3	2'568	389'4
5 1/2	4'18	5'684	156'7	2'802	356'9
6	4'56	6'201	160'0	3'033	329'7
6 1/2	4'94	6'718	163'3	3'281	306'6
7	5'32	7'235	166'4	3'488	286'7
7 1/2	5'70	7'752	169'3	3'707	269'0
8	6'08	8'268	172'1	3'934	254'0
9	6'84	9'302	177'1	4'378	228'2
10	7'60	10'335	181'6	4'813	207'4

• *Potencia calorífica de los principales combustibles.* Es de mucha utilidad el tener un término de comparacion para conocer desde luego la cantidad de vapor producido por un kilógramo de combustible en hornos bien contruidos, y por esto ponemos á continuacion las dos tablas que nos

han parecido preferibles entre las que se han deducido por la experiencia.

TABLA SEGUN MR. PECKET, DEL PODER CALORÍFICO Y RADIANTE DE LOS PRINCIPALES COMBUSTIBLES, CON LA CANTIDAD DE AIRE NECESARIA PARA LA COMBUSTION, POR CADA KILÓGRAMO DE COMBUSTIBTE QUE SE CONSUME.

CLASE DE COMBUSTIBLE.	Potencias calorificas.	Poderes radiantes.	Volúmenes de aire frio.	Volúmen producido de gas.
Madera seca.	3'6	0'28	6'75	7'94
Id. ordinaria con 0'20 de agua.	2'8	0'25	5'40	6'11
Carbon de madera.	7'0	0'50	16'40	16'40
Turba seca.	4'8	0'23	11'28	11'73
Turba con 0'20 de agua.	3'6	0'25	9'02	9'65
Carbon de turba.	5'8	0'50	13'20	13'20
Hulla mediana.	7'5	»	18'10	18'44
Cok con 0'15 ceniza.	6'0	»	15'00	15'00

TABLA DE LA CANTIDAD DE VAPOR PRODUCIDO POR UN KILÓGRAMO DE COMBUSTIBLE CONSUMIDO.

CLASE DE COMBUSTIBLES.	Peso del vapor producido por un kilógramo de cada combustible.
Cok.	7'0 kilógramos.
Hulla de calidad superior.	6'5 »
Hulla de inferior calidad.	5'0 »
Carbon seco, de madera.	6'0 »
Id. ordinario, de id.	5'6 »
Madera seca al hogar.	3'7 »
Id. id. al aire libre.	2'7 »
Turba carbonizada.	2'9 »
Id. ordinaria.	1'9 »

Se puede hallar fácilmente con el auxilio de las precedentes tablas la cantidad de vapor producido por un número cualquiera de kilógramos de combustible, y el combustible necesario para producir una cantidad determinada de vapor : basta para ello una sencilla multiplicacion ó division.

Si se quiere hallar aproximadamente la cantidad de vapor, á una temperatura dada, producido por un kilogramo de combustible se empleará la fórmula

$$K = \frac{3540}{550 + t - t'}$$

en la cual K representa los kilogramos de vapor producido por un kilogramo de combustible; t la temperatura del vapor en grados centígrados, y t' la del agua que sirve para alimentar la caldera.

De esta fórmula se deduce tambien la cantidad de combustible necesaria para producir un kilogramo de vapor,

$$M = \frac{550 + t - t'}{3540} \text{ siendo } M$$

el número de kilogramos de combustible que se necesitan para producir un kilogramo de vapor á la temperatura t .

Ejemplos : 1.º Cuántos kilogramos de vapor á 125 grados producirá un kilogramo de combustible, siendo de 30º el agua de alimentacion.

$$\text{La fórmula da, } K = \frac{3540}{550 + 125 - 30} = 5.48 \text{ kilóg.}$$

2.º Hallar la cantidad de combustible que es necesaria para reducir á vapor de 120º, un kilogramo de agua cuya temperatura es de 35º.

$$\text{La fórmula dará, } M = \frac{550 + 120 - 35}{3540} = 0.18 \text{ kilóg.}$$

Los resultados obtenidos por las tablas y fórmulas propuestas podrán aumentar ó disminuir segun la forma y

dimensiones de la caldera que se emplee y las condiciones de su colocacion.

CALDERAS. Las calderas sirven para producir el vapor de agua y pueden afectar varias formas.

Las calderas de Newcommen son semi-estéricas y su fondo cóncavo se halla expuesto á la accion del fuego : el *hornillo* ocupa del tercio á la mitad de la longitud de la caldera, y la llama con el humo pasan por un conducto que da la vuelta á aquella hasta llegar á la chimenea.

Las calderas de Watt son prismáticas ó están terminadas por superficies curvas (fig. 79) y su fondo es plano ó cóncavo, y si bien son mas favorables á la produccion del vapor que las calderas cilindricas, estas son generalmente preferidas por su mucha mayor resistencia.

Las calderas de Woolf son cilindricas y para preservárlas en lo posible del contacto inmediato del fuego con el fin de evitar las reparaciones consiguientes, se colocan debajo de ellas uno ó mas tubos sujetos á la accion directa de la llama y unidos á la caldera por medio de dos ó tres piezas tubulares. Estos tubos adicionales se llaman *hervidores* ó *bullidores*. Por medio de los bullidores se logra la ventaja de aumentar la superficie expuesta al fuego y en consecuencia la produccion de vapor.

Los bullidores están sujetos por su uso á frecuentes reparaciones y por esto se juntan á las piezas tubulares de la caldera, á cola de golondrina, para que sea fácil desmontarlos en caso necesario. La junta se cubre de una especie de pasta llamada betun de hierro (*mastic*) compuesta con 20 partes de limaduras de hierro colado por una de sal amoníaco y $\frac{1}{2}$ de flor de azufre : todo bien batido y mezclado, embebido de agua y orines se aplicá en la junta, y polvoreando la superficie exterior con flor de azufre se forma una costra que impide toda clase de

filtracion. Como el betun de hierro es quebradizo y puede destruirse por un choque, por la remocion de la caldera ó por un movimiento brusco de dilatacion, será bueno que los ensamblajes se afirmen por armaduras de hierro muy resistente.

Las calderas en los buques de vapor deben sujetarse á las condiciones de localidad y á la poca altura que puede darse á la chimenea, y con el fin de ofrecer una evaporacion rápida debe procurarse que sean de grandes dimensiones los conductos en que circulan la llama y el humo proporcionando fácil salida á este. Cuando ha de producirse el vapor á una tension muy elevada podrán emplearse calderas cilíndricas atravesadas en toda su longitud por un conducto tambien cilíndrico en cuyo interior y en uno de sus extremos se sitúa el hornillo. El conducto y la caldera forman dos cilindros escéntricos unidos en un fondo plano bien reforzado con armaduras de hierro. Es preciso emplear esta clase de calderas con mucha circunspeccion, pues, el cilindro interior tiende á deformarse y puede causar explosiones.

Para obtener una evaporacion rápida se emplean á veces, como en las locomotivas, las calderas tubulares, llamadas así por tener muchos tubos que atravesando la masa de agua dan fácil paso á la llama, al humo y al gas desprendido de la combustion. Esta circunstancia hace que el agua se caliente con prontitud y que elevándose igualmente la temperatura en todos los puntos de la masa líquida produzca una evaporacion abundante.

Para aumentar el tiraje y dar mas fuerza á la combustion en las locomotivas, se hace que el vapor al salir del cilindro pase por el interior de la chimenea.

Las calderas de llama inversa construidas por MM. Cail y compañía de París han sido muy bien recibidas, y su

disposicion particular (fig. 81), hace que la llama y el aire caliente al desprenderse del hornillo *a* recorran toda la superficie inferior de la caldera lamiéndola hasta la mitad de su circunferencia y pasen inmediatamente por el conducto *b* en que se hallan los bullidores. De manera, que en este caso, primero es calentada la caldera que los bullidores, al contrario de lo que sucede en las calderas generalmente admitidas hasta ahora : pero recibiendo la caldera inmediatamente la accion de la llama y teniendo la capacidad adicional *n* se halla en las mejores condiciones para la produccion del vapor con menos dispendio de agua.

Superficie de caldeamiento. La superficie de la caldera expuesta á la accion de la llama tiene relacion directa con la produccion del vapor, y por esto debe procurarse que sea de la mayor extension posible. De esta observacion resulta, que la fuerza de vaporizacion de un generador ó caldera se podrá graduar por la superficie de caldeamiento, que es la extension superficial expuesta á la accion del fuego.

En las calderas de Watt con fondo plano ó cóncavo se debe procurar que el agua ocupe las dos terceras partes de la capacidad total de la caldera y el vapor la otra tercera parte. Tambien debe advertirse que la superficie expuesta á la accion de la llama se considera dividida en tres partes, una que comprende el fondo *c* de la caldera y las otras dos las paredes laterales *b*. En estas calderas, cuando la tension del vapor no llega á dos atmósferas, se estima en 1'40 metros cuadrados de superficie expuesta al fuego por cada caballo de vapor. Por manera, que se podrá determinar la superficie de caldeamiento por medio de la fuerza en caballos, y el número de caballos de fuerza por la superficie expuesta al fuego : bastará para ello multiplicar ó partir por 1'40.

Las calderas cilindricas de Woolf llevan dos y á veces tres bullidores cuyo principal objeto es aumentar la superficie expuesta al fuego. La llama al desprenderse del hornillo envuelve los bullidores casi por completo y pasa inmediatamente á calentar la parte inferior de la caldera.

Estas calderas á volúmen igual ofrecen mayor superficie de caldeamiento que las de Watt, y por cada caballo de fuerza exigen por término medio 1'30 metros cuadrados de superficie expuesta al fuego. La superficie de caldeamiento se compone de los dos tercios de la total de cada bullidor mas la mitad de la de la caldera. De modo, que para conocer la fuerza en caballos se hallará la superficie expuesta á la accion de la llama y se dividirá por 1'30.

En las calderas con bullidores el agua ocupa poco mas de la mitad de su capacidad total, y si no tiene bullidores el agua debe llegar á los dos tercios de dicha capacidad. Los bullidores estarán completamente llenos de agua, y con el fin de evitar explosiones se hará que la superficie expuesta á la accion de la llama no llegue nunca á la linea de nivel del agua en el interior de las calderas.

La longitud de los bullidores excede generalmente á la de la caldera en 50 centímetros, y este exceso separándose del hornillo penetra en la pared de frente. En el extremo del bullidor hay una llave de paso para vaciarlo cuando sea necesario, y la tapa se separa fácilmente para limpiarlos. Para el cálculo de la superficie de caldeamiento se prescinde del exceso suponiendo la longitud de cada bullidor igual á la de la caldera.

Ejemplos: 1.º Hallar la superficie de caldeamiento que deberá tener una caldera de Watt para producir el vapor cuya fuerza sea de 20 caballos.

Como por cada caballo de fuerza se necesita 1'40 me-

tros cuadrados de superficie expuesta al fuego, por 20 caballos dará $20 \times 1'40 = 28$ metros cuadrados.

De estos corresponderán $9 \frac{1}{2}$ metros cuadrados para el fondo y lo mismo para cada una de las paredes laterales.

2.º Determinar la superficie expuesta al fuego en una caldera de Woolf con dos bullidores cuyas dimensiones son:

Longitud de la caldera 4'50 ms., su diámetro 0'85 ms. y el diámetro de cada bullidor 0'35 metros.

Superficie de la caldera = $3'1416 \times 0'85 \times 4'50 = 12'016$ metros cuadrados.

Superficie de un bullidor = $3'1416 \times 0'35 \times 4'50 = 4'948$ metros cuadrados.

La superficie directamente expuesta al fuego será pues como sigue:

Mitad de la superficie de la caldera.	. .	6'008 ms. cuad.
Dos tercios de la de un bullidor.	. .	3'299 » »
Id. id de la del otro.	. .	3'299 » »
Total.	12'606 ms. cuad.

Si por cada caballo de fuerza corresponde 1'30 ms. cuadrados de superficie expuesta al fuego, la caldera en cuestion dará:

$$12'606 \div 1'30 = 9'697 \text{ caballos de fuerza.}$$

3.º Calcular la longitud que debe tener una caldera cilindrica, sin bullidores, susceptible de 8 caballos de fuerza siendo su diámetro de 1 metro.

La superficie caldeada será $8 \times 1'30 = 10'4$ ms. cuad.

Esta superficie de 10'4 metros cuadrados equivale á los dos tercios de la total de la caldera, y como los extremos de esta son esféricos se establecerá el cálculo como sigue:

$$\text{Superficie total de la caldera} = 2 \times 3'1416 \times R \times L,$$