

R-10487

MANUAL DEL MAQUINISTA.



TRATADO DESCRIPTIVO

de Mecánica y Maquinaria en general y en especial de sus
aplicaciones á las minas,

Ó SEAN

LECCIONES EXPLICADAS,

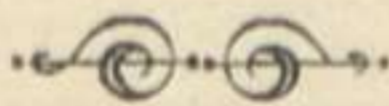
en la Escuela de Capataces de Minas y Maquinistas,

DE CARTAGENA,

POR

D. Manuel Malo de Molina,

INGENIERO DEL CUERPO DE MINAS.



CARTAGENA: 1886.

Tipografía y Litografía de Marcial Ventura, Duque, 23.

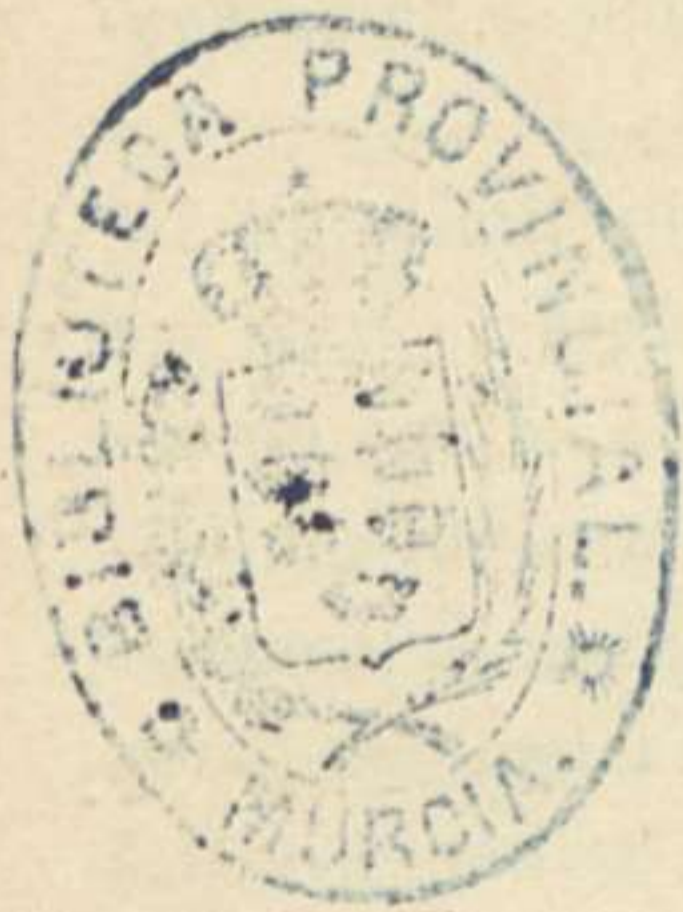
ADVERTENCIA.

Nada nuevo, nada original hay en estas Lecciones; todo cuanto en ellas se contiene no es más que el extracto de otras obras, conocidísimas de todo el que ha profundizado algo estos estudios, en que se tratan estos asuntos con mayor extensión y más elevados alcances; pero que por estas mismas causas no lo están al de las personas à quienes va dirigida esta obra.

ADVERTENCIA

Este documento es una copia de un documento original que se encuentra en el archivo de la biblioteca de la Universidad de [Nombre de la Universidad]. El contenido de este documento es el mismo que el del original, pero puede haber diferencias en la calidad de la impresión o en la legibilidad de algunas partes. Se recomienda consultar el original para obtener la información más precisa y completa.

Fecha: [Fecha]



LECCION I.

GEOMETRÍA.



Definición.—Espacio. — Volumen.—Dimensiones del cuerpo.— Superficie.—Línea.—Punto.—Líneas rectas, quebradas y curvas.—Ángulos. — Líneas perpendicular, oblicua y paralela.

Geometría es la ciencia que nos enseña la resolución de los problemas relativos á la extensión.

Se divide en geometría plana y geometría del espacio. La 1.^a trata de las figuras cuyos puntos están situados en un plano. La 2.^a se ocupa de las figuras cuyos puntos no están situados en un plano.

Se llama *espacio* la extensión sin límites ó lugar en que están colocados los cuerpos. Es por tanto infinito.

Se llama *cuerpo* todo objeto material que impresiona nuestros sentidos. Es por tanto limitado ó finito.

Volumen de un cuerpo es la porción de espacio que ocupa este cuerpo.

Los límites de este cuerpo que marcan á nuestros sentidos la individualidad del objeto, se llaman *sus superficies*.

Los límites ó terminación de estas superficies son las *líneas* y los límites de estas líneas son los puntos. Por lo tanto, las

líneas no tienen más que una extensión y los puntos ninguna.

La magnitud de un cuerpo, de una superficie ó de una línea, se llama *extensión*. La extensión limitada se llama *figura*. El punto carece de extensión.

Las líneas que según hemos dicho son los límites de las superficies, pueden ser rectas, quebradas y curvas.

Línea recta es la que tiene todos sus puntos en una misma dirección, y vice-versa varios puntos están en una misma dirección cuando están en línea recta. Esta línea es la menor distancia que hay entre dos puntos, y por lo mismo se llama *distancia* entre dos puntos á la línea recta que los une. Fig. 1.^a

Línea quebrada es la que se compone de varias líneas rectas que se encuentran en sus extremos, sin formar en su conjunto una línea recta, Fig. 2.^a

Línea curva es aquella línea que ni es recta ni está compuesta de líneas rectas, Fig. 3.^a

Se llama *plano* ó *superficie plana*, aquella superficie á la que se ajusta completamente y en cualquier sentido una línea recta.

El plano es *horizontal* cuando se ajusta perfectamente á la superficie del agua en estado de reposo, é *inclinado*, cuando no lleva esta condición.

Línea horizontal es toda línea contenida en un plano horizontal.

Línea vertical es la dirección que toma un hilo delgado que, suspendido libremente por uno de sus extremos, lleva un peso atado al otro extremo. Este hilo con su peso se llama *plomada*, Fig. 4.^a

Plano vertical será todo plano que contenga á una línea vertical.

La línea que no es horizontal ni vertical se llama *inclinada*.

Se denomina *ángulo* la porción de espacio comprendido entre dos rectas que se cortan, Fig. 5.^a *a o c*.

Estas líneas se llaman *lados* del ángulo, y el punto en que se cortan, *vértice*.

Estas dos líneas forman cuatro ángulos que se denominan *adyacentes* y *opuestos* por el vértice.

Son *adyacentes* los que tienen un lado común y los otros dos en línea recta $a o c$, y $c o b$, $c o a$, y $a o d$.

Son *opuestos* por el vértice los que tienen sus cuatro lados en línea recta: $a o c$, y $d o b$, $c o b$, y $a o d$.

Cuando los ángulos *adyacentes* son iguales, el lado común es perpendicular á los otros dos lados; de modo que una línea es perpendicular á otra cuando la 1.^a forma con la 2.^a ángulos *adyacentes* iguales, Fig. 6.^a

En este caso, estos ángulos *adyacentes* son *rectos*.

La línea que no es perpendicular á otra, se llama *oblicua* y forma con esta 2.^a dos ángulos desiguales, uno mayor y otro menor que el ángulo recto: al 1.^o se denomina *ángulo obtuso*, $c b a$; y al 2.^o *ángulo agudo*, $a b d$, Fig.^a 7.^a

La línea que partiendo del vértice divide al ángulo en dos partes iguales, se llama *bisectriz*.

Dos ángulos que tienen sus lados paralelos en el mismo ó en sentido contrario, son iguales; si tienen uno en cada sentido, sumarán entre los dos, dos ángulos rectos.

Si los ángulos tienen sus lados perpendiculares ó son iguales ó suman dos rectos.

No debe confundirse la línea vertical con la línea perpendicular, porque la primera no tiene más que una sola posición, y la segunda puede afectar infinitas posiciones. La primera sólo tiene lugar en el caso en que los dos lados del ángulo que forman línea recta sean horizontales, y la segunda en todos los casos en que no lo sean. Esto se demuestra perfectamente con una escuadra de dibujo, haciendo tomar distintas posiciones á uno de los lados del ángulo recto.

Si á una recta levantamos una perpendicular en su punto

medio, todos los puntos de ella distan igualmente de los extremos de aquélla, como se comprueba doblando la figura 6.^a por la línea *a d*.

Cuando dos rectas situadas en un mismo plano, en vez de cortarse, conservan constantemente la misma distancia entre sí, se llaman *líneas paralelas*; ó lo que es lo mismo, son líneas paralelas aquellas que estando situadas en un mismo plano, no se encuentran por más que se las prolongue, Fig. 8.^a *a b* y *c d*



LECCION II.

Polígonos.—Propiedades principales del triángulo, paralelógramo, cuadrado, rectángulo, rombo y trapecio.

Se llama *polígono* la porción de plano ó de superficie plana, terminada ó limitada por líneas rectas.

Lados del polígono son las rectas que le limitan ó terminan.

Ángulos del polígono son los ángulos que forman dos lados consecutivos, y *vértices* del polígono los vértices de estos ángulos.

Los polígonos que tienen todos sus lados y ángulos iguales, se llaman *polígonos regulares*, y si no llenan estas dos condiciones, son *irregulares*.

Perímetro ó contorno de un polígono es el conjunto ó suma de todos sus lados.

Según el número de lados reciben los polígonos distintos nombres: se llama *triángulo* al que consta de tres lados, *cuadrilátero* al que tiene cuatro, *pentágono* al de cinco, *exágono* al de seis, etc, Fig. 9.

El polígono más sencillo de todos es el triángulo, puesto que no es más que una superficie limitada por el menor número posible de rectas, que es tres.

Si desde uno cualquiera de los vértices de un triángulo se traza una perpendicular á uno de los otros dos lados, tendremos lo que se denomina altura y base del triángulo. La *altura* ab será aquella perpendicular, y bc *base* este lado, Fig. 10.

El triángulo, considerado con relación á sus ángulos, puede ser rectángulo, isósceles y escaleno.

Es *rectángulo* cuando uno de sus ángulos es recto y en este caso los dos lados que forman el ángulo recto se llaman *catetos*; y el tercero ú opuesto á este ángulo, *hipotenusa*, Fig. 11.

Es *isósceles* cuando dos de sus ángulos son iguales, en cuyo caso los lados opuestos á estos ángulos serán también iguales, $a b = a c$; $a b c = a c b$, Fig. 12.

Es *escaleno* cuando sus tres ángulos, y por consiguiente sus tres lados son desiguales. El triángulo rectángulo es un caso especial del triángulo escaleno, Fig. 13.

También se dividen los triángulos en acutángulos y obtusángulos. Los primeros son los que tienen sus tres ángulos agudos, Fig. 12, y los segundos, los que tienen un ángulo obtuso, Fig. 13.

Cuando los tres ángulos de un triángulo son iguales y por consiguiente lo son también sus tres lados, se llama *equilátero*.

Se llama *cuadrilátero* la porción de superficie terminada por cuatro líneas rectas, ó sea el polígono que consta de cuatro lados.

Si los lados opuestos de un cuadrilátero son paralelos, se llama entonces *paralelógramo*.

En un paralelógramo los lados opuestos son iguales, $ab = cd$ $a c = d b$, Fig. 14.

Si los cuatro ángulos de un paralelógramo son rectos, entonces esta figura toma el nombre de *rectángulo*, Fig. 15.

Si los cuatro lados de un rectángulo son iguales, entonces se denomina *cuadrado*, Fig. 16.

Si los cuatro lados de un paralelógramo son iguales, pero no son rectos sus ángulos, se forma la figura denominada *rombo*. Fig. 17.

Trapezio es el cuadrilátero que tiene dos lados paralelos y los otros dos oblicuos. Los dos primeros, *ab*, *cd*, se llaman *bases* del trapezio, Fig. 18.

En todas estas figuras se determina la altura de un modo análogo al empleado en el triángulo, bajando una perpendicular desde un lado cualquiera al lado opuesto, que por esta circunstancia toma el nombre de base.

Diagonal es la línea recta que une dos vértices no contiguos de un polígono, *ad*, *bc*, Fig. 14.

En el rectángulo y en el cuadrado las diagonales son iguales. En el paralelógramo se cortan tan sólo en partes iguales. En el rombo son perpendiculares.

La suma de los tres ángulos de un triángulo vale dos ángulos rectos. Para demostrar este teorema considerémosle dividido en dos casos: Primero, que el triángulo sea rectángulo, y segundo que no lo sea.

Para el primer caso, tomemos dos escuadras de dibujo, Fig. 19, iguales y unámoslas por sus hipotenusas, con lo que habremos formado un rectángulo, cuyos cuatro ángulos valen cuatro rectos, y como cada escuadra ó triángulo es la mitad del rectángulo, es evidente que la suma de los tres ángulos de cada triángulo valdrá la mitad de la de los del rectángulo, ó sean dos rectos, que es lo que queremos demostrar.

Para el segundo caso, Fig. 20, tracemos la altura del triángulo dado y le habremos dividido así en otros dos triángulos rectángulos. Sabemos ya que los tres ángulos de estos triángulos rectángulos valen dos rectos; pero como esta clase de triángulos tiene un ángulo recto, es evidente que los otros dos ángulos agudos no pueden valer más que otro ángulo recto. Luego, si observamos que los ángulos del triángulo dado no

son más que la suma de los ángulos agudos de los dos triángulos rectángulos parciales, tendremos que aquellos valdrán un ángulo recto, más un ángulo recto que valen los de estos últimos; es decir, dos rectos, según queríamos probar.

En general, la suma de todos los ángulos de un polígono, es igual á tantas veces dos rectos como lados tiene menos dos. Así las sumas de los cuatro ángulos de un cuadrilátero valen cuatro rectos; la de los cinco ángulos de un pentágono seis rectos; la de los seis ángulos de un exágono ocho rectos, etc., etc. Esto se demuestra fácilmente, Fig: 21, tirando en el polígono diagonales desde uno de sus vértices á todos los demás; el polígono queda dividido así en tantos triángulos como lados menos dos tiene, y por tanto, la suma de todos los ángulos de los triángulos, equivalente á la suma de todos los ángulos del polígono, valdrá tantas veces dos rectos como triángulos hay, ó sea como lados menos dos del polígono.

Para que dos triángulos sean iguales, es preciso que tengan dos lados y el ángulo comprendido iguales, ó un lado y dos ángulos iguales. Dos rectángulos son iguales si tienen sus bases y alturas iguales. En el mismo caso, lo serán también dos paralelógramos y dos cuadriláteros en general.

LECCION III.

Círculo.—Sus líneas rectas.—Intersección y contacto de dos circunferencias.

Se llama *circunferencia* la línea plana, curva y cerrada, *a. c e d, b g a*, Fig. 22, cuyos puntos están todos á igual distancia de otro punto interior que se llama *centro*.

Círculo es la porción de superficie plana limitada por la circunferencia.

Radio es la recta tirada desde el centro á la circunferencia *oa*.

Cuerda es la recta que une dos puntos cualesquiera de la circunferencia *c d*.

Diámetro es la cuerda que pasa por el centro *a o b*.

Arco es una porción cualquiera de circunferencia *c e d*.

Ságita ó *flecha* es la recta que une el punto medio de un arco con el punto medio de la cuerda que une los extremos de este arco, ó sea la porción de radio comprendida entre la cuerda y el arco *e f*.

Todos los radios y todos los diámetros de una circunferencia son iguales; los primeros porque son la distancia que hay entre el centro y la circunferencia, distancia siempre igual en

todos los puntos de esta curva, y los segundos porque todo diámetro es igual á la suma de dos radios.

Todo diámetro divide, tanto á la circunferencia como al círculo, en dos partes iguales que se llaman *semicircunferencias* ó *semicírculos*; como se comprueba facilmente doblando el círculo por uno de sus diámetros y viendo que coinciden perfectamente las dos curvas.

Una circunferencia queda determinada por tres puntos que no estén en línea recta, porque si á las rectas que unen estos puntos levantamos perpendiculares en sus puntos medios, estas perpendiculares se encontrarán en un punto que distará igualmente de los tres dados, y que por consiguiente será el centro, Fig. 23.

Esto nos hace ver como se hace pasar una circunferencia por tres puntos dados, toda vez que una vez determinado el centro, como acabamos de decir, no queda más que tomar como radio la distancia de este centro á uno cualquiera de los tres puntos dados y trazarla.

Para trazar una circunferencia hay que valerse de un compás; instrumento que consiste en dos ramas ó piernas sujetas en uno de sus extremos por un tornillo y terminadas en punta en el otro extremo. Estas ramas ó piernas se separan una de otra la distancia que ha de haber de la circunferencia al centro, ó sea el valor del radio.

Una de estas ramas ó piernas está dividida en dos trozos, uno de los cuales se sustituye con otro análogo, terminado en un lápiz ó en un tiralíneas.

También puede trazarse una circunferencia con un hilo ó regla que, estando sujeto por un extremo, se hace mover siempre tirante al rededor del punto fijo.

Se llama *tangente* toda línea recta mn que sólo tiene un punto común b con la circunferencia.

Esta tangente es perpendicular al radio del punto de con-

tacto, puesto que no hay más que este punto que sea común á la circunferencia y á la recta tangente, y por tanto el radio como línea la más corta, será perpendicular á la tangente.

Se llama línea *secante* la recta que atravesando el círculo corta á la circunferencia en dos puntos, $p q r$, Fig. 22

Se llaman circunferencias tangentes aquellas que sólo se tocan en un punto, Fig. 24, y secantes las que se tocan ó cortan en dos puntos, Fig. 25.

En las circunferencias tangentes, si el contacto es exterior, la distancia de los centros a, b es igual á la suma de los radios, y si el contacto es interior, entonces es igual la distancia de los centros á la diferencia de los radios $a b = a c - b c$, Fig. 26.

En las circunferencias que se cortan, la distancia de los centros es menor que la suma de los radios y mayor que su diferencia.

Si en una circunferencia se trazan dos diámetros perpendiculares, quedará dividida esta circunferencia en cuatro partes iguales, que se llaman cuadrantes.

Si dividimos cada cuadrante en 90 partes iguales, resultará lo que se denominan *grados*, y si cada grado se divide en 60 partes iguales, obtendremos los llamados *minutos*, de los que dividido á su vez uno en otras 60 partes también iguales, producirá los denominados *segundos*, y así sucesivamente los terceros, etc.

De modo, que la circunferencia consta de 360 grados, el grado de 60 minutos, el minuto de 60 segundos, el segundo de 60 terceros, etc.

Esta división se llama *sexagesimal* por la división progresiva de 60 en 60.

Existe también la división centesimal, que es aquella que considera dividida la circunferencia en 400 grados, ó sea el cuadrante en 100 grados, el grado en 100 minutos, el minuto en 100 segundos, etc.

Los grados se expresan con un cero colocado en la parte alta de la derecha del número; los minutos con una coma, los segundos con dos comas, etc., colocadas de igual modo: así, 60 grados = 60°, tres minutos = 3'.

LECCION IV.

Medida de ángulos.-Medida de líneas.-Líneas proporcionales.- Escalas.

Se llama *arco correspondiente* á un ángulo, al arco comprendido entre sus lados, descrito desde el vértice como centro y con un radio cualquiera.

La longitud de este arco será mayor ó menor, según sea mayor ó menor el radio con que se describe; pero el número de grados, minutos etc., será siempre el mismo, y por tanto, este número de grados, minutos, etc., nos marcará el valor del ángulo. Así diremos un ángulo de $25^{\circ}-27'-40''$, Fig 27.

Para medir prontamente el valor de un ángulo sin tener que trazar el arco correspondiente y dividir su circunferencia en grados, etc., se hace uso del instrumento llamado *transportador*, que consiste en una semi-circunferencia de talco, metal ó papel dividida en grados. Su modo de usarlo es el siguiente: se hace coincidir el centro del transportador con el vértice del ángulo y el diámetro del transportador con un lado cualquiera del ángulo: es claro que el otro lado determinará el número de grados del arco correspondiente, ó sea el valor del ángulo, Fig. 27.

Medir una línea recta es determinar el número de veces que la unidad está contenida en la línea dada.

Las unidades lineales de medida son las que se han estudiado en la Aritmética: la línea, la pulgada, el pié, la vara, el estadal y la legua para el sistema antiguo, ó sea el de Castilla, y el milímetro, centímetro, decímetro, metro, decámetro, hectómetro, kilómetro y miriámetro para el nuevo sistema métrico decimal.

Concretándonos á este último, diremos que para la medición de las líneas rectas en el papel y de las de corta longitud en el terreno, se usa el *metro* de bolsillo, ya sea de madera, metal, marfil ó cualquier otra materia. Este metro está dividido en decímetros y centímetros, y además el primer decímetro en milímetros, de modo que basta aplicar tan solamente este metro sobre una línea recta haciendo coincidir el cero ó extremo del metro con uno de los extremos de la recta para apreciar seguidamente por simple lectura el número de decímetros y centímetros que señala el otro extremo de la recta. Si este número de centímetros no fuese exacto y se quisiera apreciar el número de milímetros que contiene, se medirá el trozo sobrante de recta con el primer decímetro del metro, de la misma manera.

Dos rectas son iguales cuando ambas tienen la misma medida ó longitud, y una recta será *doble, triple, mitad, tercio*, etc., de otra recta, según que su medida ó longitud sea doble, triple, mitad, tercio, etc., de la medida ó longitud de la otra recta.

En general, la *razón ó cociente* de dos líneas es la misma que la de sus medidas respectivas, y por tanto dos líneas son *proporcionales* á otras dos cuando la razón de las dos primeras es igual á la razón de las dos segundas, ó lo que es lo mismo, cuando la razón de sus medidas respectivas es una sola.

Como que las longitudes que las líneas tienen en el terreno no es posible designarlas en su tamaño natural en un papel ó encerado, será preciso reducir la longitud de estas líneas en

una cierta proporción para que quepan dentro de la superficie disponible y sin que se alteren las relaciones respectivas de magnitud.

Para conseguir esto hay que emplear la *escala*, que no es más que *la relación de magnitud que ha de haber entre la longitud de la recta en el terreno y de la recta en el papel*. Así si queremos que mil metros en el terreno estén representados en el papel por un metro, habremos elegido lo que se denomina escala de 1 á 1.000. ó de un milímetro por metro: si 25 metros en el terreno los representamos por 50 centímetros en el papel, habremos escogido la escala de 1 á 50, y así sucesivamente.

Esta clase de escalas, que se llaman numéricas, se expresan en los planos así: Escala $\frac{1}{30}$ metros.

Cuando la escala que se elige no expresa una parte alícuota de la unidad fácil de reducir de memoria, como sucede en los dos ejemplos anteriores, sino que es, por ejemplo, 1 á 35 = $\frac{1}{35}$, entonces para no tener que multiplicar la medida de cada línea en el papel por 35 para saber su verdadera longitud en el terreno, ó á la inversa, dividir por 35 cada medida en el terreno para trazar su línea correspondiente en el papel, es muy conveniente proceder de antemano al trazado de la escala gráfica sencilla ó de transversales.

La escala gráfica sencilla no es más que una línea recta dividida en varias partes iguales, y una de estas partes subdividida á su vez en otro número de partes también iguales.

Considerando el caso ya indicado de tener que construir una escala de $\frac{1}{35}$ metros, procederemos del modo siguiente: Se trazará en el papel una línea de un metro de longitud, que se dividirá en 35 partes iguales, y la primera ó la última de estas divisiones se divide en 10 partes iguales; de este modo tendremos expresados ó apreciados exactamente los metros y decímetros y por aproximación los centímetros, toda vez que no puede subdividirse ya en otras 10 partes uno de estos decímetros,

porque la división sería tan pequeña y tan confusa que no podría ser leída, Fig. 28.

Pero si es importante que los centímetros sean apreciados con toda exactitud, entonces se construirá la escala denominada de *trasversales* sobre esta misma escala sencilla.

Para construir esta escala, no hay más que levantar dos perpendiculares en sus extremos, sobre las cuales se toman diez partes iguales de una longitud arbitraria: se unen dos á dos los puntos correspondientes de estas perpendiculares, dividiendo la última de estas nuevas líneas de igual modo que estaba la escala sencilla, numerándolas de igual manera y con 1, 2, 3 hasta 9 las líneas anteriores: se unen en seguida por medio de rectas el 0 de la línea superior con el 1 de la línea inferior; el 1 con el 2, y así sucesivamente hasta unir el 9 con el 10, Fig. 29.

Para medir ahora una longitud cualquiera se aplica una punta del compás en una de las divisiones mayores ó principales de la escala y se vé si la otra punta acusa exactamente otra división de las inferiores; si no la acusa se va aplicando el compás á cada una de las diferentes horizontales de esta escala, hasta que se alcance la exactitud ó coincidencia buscada, en cuyo caso no queda ya más que leer esta magnitud, cuya lectura se hace como en la escala sencilla para los metros y decímetros, en el caso que consideramos, quedando los centímetros determinados por el número correspondiente en la línea perpendicular que se dividió en diez partes.

En general las unidades de orden inferior de toda magnitud quedan determinadas en una escala de trasversales por el número de la división correspondiente de esta línea perpendicular á la escala sencilla.

LECCION V.

Áreas del triángulo, cuadrado, rectángulo, rombo, trapecio y de polígono en general.

Área de una superficie es la razón de esta superficie á la unidad, ó sea el número de veces que esta superficie contiene á la unidad.

La unidad superficial es un cuadrado cuyo lado es la unidad lineal adoptada.

El área de un rectángulo es igual al producto de su base por su altura. En efecto; si llamamos A la unidad superficial y a la unidad lineal y aplicamos esta segunda sobre la base y altura del rectángulo, resultará que la medida de la primera será ma y la de la segunda na , ó sea m y n , toda vez que a es la unidad. Aplicando ahora la unidad superficial A sobre el rectángulo, formaremos primeramente una faja de m veces A , ó sea $m A$, y continuando así, formaremos tantas fajas como expresa el número n ; de modo que $n m A$ será el número de cuadrados ó unidades superficiales contenidas en el rectángulo, ó lo que es lo mismo, que el área del rectángulo es $n m$, toda vez que $A = 1$, Fig. 30.

El área de un cuadrado es la segunda potencia de su lado, toda vez que su base es igual á su altura, por no ser el cuadrado más que un caso particular del rectángulo.

El área de un paralelógramo es también igual al producto de su base por su altura. En efecto; si desde los extremos de la base tiramos perpendiculares al lado paralelo opuesto, habremos formado un rectángulo equivalente en área al paralelógramo, porque el triángulo *a* que hemos añadido para formar el rectángulo, es igual al que hemos quitado al paralelógramo; luego el rectángulo y el paralelógramo tienen la misma área, ó sea el producto de la base por la altura, Fig. 31.

El área de un triángulo es igual á la mitad del producto de su base por su altura. Para demostrarlo, consideremos primeramente el triángulo rectángulo y después el oblicuángulo.

El triángulo rectángulo es mitad del rectángulo que tiene por lados (base y altura) sus dos catetos; luego el área del primero será la mitad del área del segundo.

En el triángulo oblicuángulo tracemos la altura y habremos descompuesto aquel triángulo en dos triángulos rectángulos, cuya suma de superficies es la del triángulo dado. Uno de los triángulos rectángulos mide $\frac{\text{base} \times \text{altura}}{2}$ y el otro igualmente $\frac{\text{base} \times \text{altura}}{2}$; luego la suma de estos dos quebrados será $\frac{(\text{base} + \text{base}) \text{ altura}}{2}$ y como $\text{base} + \text{base} = \text{Base}$ del triángulo oblicuángulo dado, tendremos sustituyendo $\frac{\text{Base} \times \text{altura}}{2}$ que es lo que queremos demostrar.

El área de un trapecio es igual al producto de la semi-suma de sus bases por su altura. En efecto; para demostrarlo basta tirar una diagonal y observar que el trapecio queda dividido en dos triángulos que tienen por bases y altura las bases y altura del trapecio.

El área de un polígono cualquiera se determina descomponiéndole en triángulos, hallando el área de cada triángulo y sumando todas estas áreas, Fig. 32.

No es absolutamente preciso que esta descomposición se verifique en triángulos solamente, pues que pueden y deben emplearse otras figuras geométricas, cuya superficie sea fácil de determinar.

Así, por ejemplo en la Fig. 33 pueden emplearse el rectángulo *A*, los trapecios *B* y *C* y los triángulos *D*.

En general, para hallar el área de un polígono se descompone este en otros polígonos más sencillos, cuya área sea fácil determinar, y se suman todas estas áreas parciales.

LECCION VI.

Áreas del círculo, sector y segmento—Comparación de las áreas.

El área del círculo es igual á la mitad del producto de la circunferencia por el radio. En efecto; si consideramos á la circunferencia como un polígono de grandísimo número de lados, el área del círculo y el área del polígono serán sensiblemente iguales; y ya sabemos que el área del polígono es igual á la mitad de la suma de todos sus lados, ó sea la circunferencia, multiplicada por la altura ó radio, porque así se deduce de su división en triángulos, cuyo vértice común esté en el centro del círculo; luego es cierto el enunciado, Fig. 34.

El valor ó longitud de una circunferencia se expresa en matemáticas por πD ó $2\pi r$, siendo π la razón aproximada de la circunferencia al diámetro, D el diámetro y r el radio.

Vemos, pues, que para hallar la longitud de la circunferencia hay que determinar el valor de π (letra griega que se pronuncia pi). Este valor es $\pi = \frac{22}{7}$ ó $\pi = 3.14159$.

Luego dos circunferencias son proporcionales á sus radios ó diámetros, porque $c = \pi D$, $c' = \pi D'$, luego $c : c' :: \pi D : \pi D'$ ó $c : c' :: D : D'$.

Si queremos saber el área de un círculo cuyo radio sea cuatro metros, diremos: la longitud de su circunferencia es $3.14159 \times 8 = 25.13272$; luego, el área será $\frac{25.13272 \times 4}{2} = 50,26544$ metros cuadrados $= \pi r^2 = \frac{2 \pi r \times r}{2}$

Por tanto, dos círculos son proporcionales á los cuadrados de sus radios, porque $c = \pi r^2$ $c' = \pi r'^2$, luego $c : c' :: r^2 : r'^2$.

Se llama *sector de círculo* la parte del círculo que está comprendida entre dos radios y el arco. Su área es igual á la mitad del producto de su arco por el radio, toda vez que este sector lo podemos considerar compuesto de un número indefinido de triángulos que tienen por altura el radio y por suma de sus bases el arco.

Tenemos, pues, que calcular la longitud de este arco que sólo conocemos por su valor en grados, minutos, etc.; pero esto se hace fácilmente determinando el valor de un grado, que es igual á $\frac{2 \pi r}{360}$ y multiplicando este resultado por el número de grados del sector.

Así, pues, en el círculo del ejemplo anterior, si queremos determinar el área de un sector, cuyo arco mide 40° , diremos:

$$1^\circ = \frac{25,13}{360} = 0,069 \text{ m.}; \text{ luego } 40^\circ = 2,76 \text{ m.}, \text{ y por consiguiente área} = \frac{2,76 \times 4}{2} = 5,52 \text{ mets. cuads.}$$

Segmento de círculo es la porción de círculo comprendida por una cuerda y su arco correspondiente. El segmento puede ser menor ó mayor que un semi-círculo, según se deduce de su propia definición.

El área de un segmento menor que el semi-círculo, es igual al área del sector correspondiente menos el área del triángulo determinado por la cuerda y los dos radios del sector, Fig. 35, $abc = abc o - a c o$.

El área de un segmento mayor que el semi-círculo es igual á la suma de las áreas del sector correspondiente y del triángulo antedicho, Fig. 36, $acb = obca + oab$.

Se llaman *polígonos semejantes* aquellos que teniendo sus lados y ángulos colocados en el mismo orden, tienen sus lados proporcionales y sus ángulos iguales.

Así todos los polígonos que cumpliendo la primer condición de tener colocados en el mismo orden lados y ángulos, tengan sus ángulos iguales y sus lados de una longitud doble, triple, etc., mitad, tercio, etc., unos de otros, ó en general en una relación cualquiera determinada $\frac{a}{b}$, serán polígonos semejantes.

Dos superficies ó dos polígonos son *equivalentes* cuando sus áreas son iguales, pero no pueden ajustarse uno sobre otro. Así un triángulo que mide $B = 8$ $A = 6$ $S = 24$ met. cuad., es equivalente al rectángulo de $L = 8$ y $l = 3$ y al de $L = 6$ y $l = 4$ y al de $L = 12$ $l = 2$, etc., etc, y á los paralelógramos de estos mismos lados y alturas.

Del mismo modo, el círculo cuya área es 50,26 met. cuad. es equivalente á nueve sectores cuya área es 5,58 met. cuad., á un rectángulo cuya $L = 25,13$ y $l = 2$, á un triángulo cuya base siendo 20 met., su altura será 5,026.

Ejemplos de polígonos semejantes y polígonos equivalentes.

1.º Dado un rectángulo construir otro cuya superficie sea triple.

Sean L y l los lados del rectángulo que queremos hallar y S la superficie del rectángulo dado. Sabemos que $L \times l = 3S$; luego $L = \frac{3S}{l}$ y $l = \frac{3S}{L}$. Con una de estas dos fórmulas podremos determinar uno de los lados cuando conozcamos el otro, y

si los dos lados nos son desconocidos, daremos á uno cualquiera de ellos los valores arbitrarios que queramos para deducir los correspondientes del otro lado, y determinaremos de este modo una serie de rectángulos, todos equivalentes y todos de triple área que el dado.

2.º Dado un círculo cuyo radio es R y su área S , hallar el radio de otro círculo cuya superficie sea cuatro veces mayor, ó sea $4 S$.

Sabemos que si llamamos r al radio que buscamos, $\pi r^2 = 4 S$, luego $r^2 = \frac{4 S}{\pi}$ y $r = \sqrt{\frac{4 S}{\pi}}$

3.º Dado un sector circular cuyo radio es R y su área S , hallar otro sector equivalente en un círculo cuyo radio es r .

Sabemos que el área del sector que buscamos es $S = \frac{a \times r}{2}$;

luego $2 S = a \times r$ y $a = \frac{2 S}{r}$; luego tomando en el círculo

de radio r una longitud de arco igual á $\frac{2 S}{r}$ y uniendo sus extremos con el centro del círculo, tendremos lo que buscamos.

4.º Dado un trapecio cuya área es S , hallar un triángulo equivalente cuya base sea una longitud dada L .

Sabemos que el área del triángulo que buscamos es $S = \frac{L \times a}{2}$; luego $2 S = L \times a$ y $a = \frac{2 S}{L}$, con cuyos valores de S y a podemos trazar todos los triángulos equivalentes que, siendo equivalentes entre sí, son equivalentes con el trapecio dado.

LECCION VII.

Generación y determinación de un plano.—Intersección de planos.—Ángulos que forman.—Paralelismo.

Sabemos ya que se llama *plano ó superficie plana* aquella superficie á la que se ajusta completamente y en cualquier sentido una línea recta.

Un plano queda determinado por tres puntos que no están en línea recta ó por dos, rectas que se cortan. Para demostrar el primer caso no hay más que unir dos de los tres puntos por una línea recta, hacer pasar un plano por esta recta y hacerle girar al rededor de ella hasta que pase por el tercer punto dado, en cuyo caso quedará determinada ya la posición única de este plano.

Para demostrar el segundo caso no hay más que tomar en cada recta un punto distinto del de intersección, y tendremos que éste, con los otros dos, determinan tres puntos que no están en línea recta y que por tanto fijan un plano.

Si consideramos que una de estas líneas que se cortan resbala ó pasa por todos los puntos de la otra, conservándose siempre paralela á sí misma, habremos engendrado ó formado un plano, toda vez que siempre y en todas direcciones se le podrá ajustar una línea recta.

La línea primera, que está fija, se llama *directriz*, y la segunda, que se mueve, *generatriz*.

Un plano queda también determinado por dos líneas paralelas, puesto que así lo lleva consigo la definición de esta clase de líneas.

La intersección de dos planos $A B$ y $A C$, es una línea recta, $A D$, Fig. 37, porque si fuese quebrada en vez de recta, podríamos tomar sobre ella tres puntos que no estuviesen en línea recta y que siendo comunes á los dos planos, harían que estos se redujesen á uno solo, ó acusarían falsedad en la determinación de un plano por medio de tres puntos.

*Una recta $a b$ corta á un plano $M N$ en un punto b , que se denomina *pié de la recta*, Fig. 38. Esta línea es *perpendicular* al plano cuando lo es á dos rectas $b c$ y $b d$, que pasen por su pié; y cuando no cumpla esta condición será *oblicua*.*

La separación ó abertura que forman dos planos cuando se cortan, se llama *ángulo diedro*; *caras* se llaman los planos que forman el ángulo, y *arista* la línea de intersección de las caras.

Los ángulos diedros son *rectos*, *agudos* y *obtusos*, como los ángulos formados por dos líneas.

Se llama *ángulo plano* correspondiente á un diedro, el formado por dos perpendiculares, una en cada plano, á la arista, en un punto cualquiera, $c a b$, Fig. 37.

El ángulo plano es la medida del ángulo diedro; de modo que sabiendo trazar y medir un ángulo plano, sabemos apreciar un ángulo diedro.

Se llama *ángulo poliedro* ó *ángulo sólido* la figura que forman tres ó más ángulos planos, que tienen un vértice común y cada dos de ellos un lado común.

Una recta y un plano son paralelos cuando aquella lo es á una recta trazada en este plano; de donde se deduce que una recta puede ser paralela á muchos planos á la vez, porque siem-

pre lo será á todos los planos que pasen por la segunda recta, á quien es paralela, ó sea á la intersección de todos estos planos.

Dos planos son paralelos cuando no se encuentran aunque se les prolongue indefinidamente.

Se llama *proyección* de un punto a sobre un plano MN , al pié de la perpendicular bajada desde dicho punto al plano a' , y proyección de una línea recta ba ó curva sobre uno plano, á la línea $a'b'$ que une las proyecciones de todos sus puntos sobre el plano, Fig. 39.

El ángulo agudo que forma una recta con su proyección se llama *ángulo de la recta y del plano*, y su medida es el ángulo de inclinación de la recta con el plano $bA b' = b a b''$.

LECCION VIII.

Poliedros.—Generación y descripción de la pirámide, prisma, cono, cilindro y esfera.

Se llama *poliedro* al cuerpo terminado por superficies poligonales.

Caras del poliedro son estos mismos poligonos. El nombre del poliedro depende del número de caras y de su figura; se llama *tetraedro* el que tiene cuatro caras, *pentaedro* el que tiene cinco, *exaedro* al de seis, etc., y los nombres que reciben por la figura de sus caras los diremos al tratar de cada uno de ellos en particular.

Diagonal de un poliedro es la recta que une dos vértices que no están en una misma cara.

Se llama *pirámide* el poliedro en el que una de las caras llamada *base* es un poligono cualquiera, y todas las demás caras son triángulos que tienen un mismo vértice, que se denomina *vértice* ó *cúspide* de la pirámide. Fig. 40.

Altura es la perpendicular bajada desde el vértice al plano de la base.

La pirámide es triangular, cuadrangular, pentagonal, etc., cuando su base es un triángulo, cuadrilátero, pentágono, etc.

La pirámide es regular cuando tiene por base un polígono regular y sus aristas laterales son todas iguales.

La pirámide es troncada ó se dice *tronco de pirámide*, cuando en vez de tener vértice ó cúspide termina por un plano que corta á todas las aristas. Este plano ó sección de la pirámide, llamado tambien *base menor*, puede ser paralelo ú oblicuo á la base, Fig. 41.

La pirámide regular se forma ó engendra por una recta que, sujeta en uno de sus extremos al vértice, recorre con el otro extremo el polígono de la base.

Prisma es el poliedro que tiene dos caras poligonales iguales y paralelas y todas las demás son paralelógramos. Las primeras caras se llaman *bases*, y las segundas, *caras laterales*, Fig. 42.

Altura es la perpendicular bajada de una á otra base.

Prisma triangular, cuadrangular, pentagonal, etc., es el que tiene por bases un triángulo, cuadrilátero, pentágono, etc.

El prisma es *recto* cuando las aristas laterales son perpendiculares á las bases. Las caras laterales de este prisma son forzosamente rectángulos, pues son cuadriláteros de cuatro ángulos rectos.

Se llama *sección recta* de un prisma oblicuo á la sección que es perpendicular á las aristas laterales *a b c d*, Fig. 43.

Prisma troncado ó *tronco de prisma*, es la porción de prisma comprendida entre la base y un plano oblicuo á ella intermedio entre las dos bases.

Se llama *paralelepípedo* el prisma cuya base es un paralelógramo.

Paralelepípedo rectángulo, el paralelepípedo recto que tiene un rectángulo por base. Tambien se llama *prisma recto rectangular*.

Cubo es el paralelepípedo cuyas seis caras son cuadradas y por consiguiente iguales.

El prisma se engendra por el movimiento de una recta que recorre el contorno de dos polígonos iguales y paralelos.

Se llama *cono* el cuerpo engendrado por la revolución de un triángulo rectángulo $a o b$, que gira al rededor de uno de sus catetos $b o$, Fig. 44.

El cateto movable describe un círculo cuyo radio es el mismo cateto, y cuyo centro es el vértice del ángulo recto.

Este círculo se llama *base*. El cateto fijo se denomina *altura*, y la hipotenusa se llama *lado*.

Vértice ó cúspide del cono es el vértice del ángulo opuesto al cateto que se mueve.

Cono troncado ó tronco de cono, es la parte de cono comprendida entre la base y un plano $m n p$ que corta á todos lados del cono, ya sea paralelo ya oblicuo á aquella.

Se llama *cilindro* el cuerpo engendrado por un rectángulo $a b c d$, que gira al rededor de uno de sus lados $c d$, Fig. 45, y que recibe el nombre de *eje*.

Los dos lados contiguos al fijo describen dos círculos iguales que se denominan *bases*, y el otro lado paralelo y opuesto al fijo se llama *lado*.

Altura del cilindro es la perpendicular bajada de una á otra base.

Esfera es el cuerpo engendrado por un semi-círculo $a c b a$, que gira al rededor de su diámetro, Fig. 46.

Centro de la esfera es el centro a del semi-círculo, y *radios* las rectas tiradas desde este centro á la superficie de la esfera oa , oc . Todos los radios son iguales, puesto que no son más que radios del círculo generador. Por consiguiente, *todos los puntos de la superficie esférica distan igualmente del centro*.

Diámetro de la esfera es toda recta que, pasando por el centro, termina por ambos extremos en la superficie esférica ab ; es evidente que todos son iguales.

La sección de la esfera por un plano cualquiera es siempre un círculo. Este círculo será *máximo* $a d b$, si pasa el plano por el centro de la esfera, y *menor* $e f g$, si no pasa por el centro.

La porción de superficie esférica separada por un plano secante, se llama *casquete esférico*, $a f g c$; el círculo máximo ó menor obtenido es la *base*, y la *altura* es la parte de radio comprendida entre la base y la superficie esférica.

Su volumen, ó sea el espacio comprendido entre el casquete y su base, se llama *segmento esférico*.

Zona esférica es la porción de superficie esférica comprendida entre dos planos paralelos $a e f d b g$. Estos planos se llaman *bases*, y *altura* la distancia que los separa.

Su volumen se llama *sección esférica*.

Sector esférico es el cuerpo engendrado por un sector circular que gira al rededor de uno de sus radios, $o c g a$.

El círculo máximo divide á la esfera en dos partes iguales que se llaman *hemisferios*.

Los extremos de un diámetro perpendicular á un círculo máximo ó menor, se llaman *polos* de este círculo, c, h .

Para hallar el radio de una esfera dada, se traza sobre ella, desde un punto cualquiera como centro c , una circunferencia de radio arbitrario, y se señalan en ella tres puntos, $e f g$: se construye el triángulo que tiene por lados las tres cuerdas determinadas por los tres puntos señalados; se traza un círculo cuyo centro es el centro m del triángulo y su radio la distancia á sus vértices desde este centro. Se construye después un triángulo rectángulo, Fig. 47, cuya hipotenusa es el radio arbitrario $c e$ de la primer circunferencia, y el cateto horizontal el radio del segundo círculo. Levantando ahora una perpendicular á la hipotenusa en su punto medio, determinaremos el punto en que corta al cateto vertical, prolongado si es necesario, y la distancia de este punto á cualquiera de los extremos de la hipotenusa es el radio de la esfera.

LECCION IX.

Areas de los cuerpos descritos.

El área lateral de una pirámide regular es igual á la mitad del producto del perimetro de su base por la altura de uno de los triángulos laterales; puesto que no es más que la suma de las áreas de todas sus caras laterales, que son triángulos iguales.

Si es un tronco de pirámide de bases paralelas, el área será igual á la mitad del producto de la altura de uno de los trapecios laterales por la suma de los perimetros de las dos bases.

El área de la superficie curva de un cono es igual á la mitad del producto de la circunferencia de su base por su lado.

En efecto; para comprender que es así, basta hacerse cargo que el cono no es más que una pirámide de un número infinito de caras.

El área lateral del tronco de cono de bases paralelas es la mitad del producto de su lado por la suma de las dos circunferencias de sus bases. Por la misma razón antedicha.

El área lateral de un prisma recto es igual al perimetro de su base multiplicado por su altura, por ser la suma de las áreas de sus caras.

Si el prisma es oblicuo, su área será igual á una de sus aris-

tas laterales multiplicada por el perimetro de su sección recta. En efecto; en este caso las caras laterales del prisma son paralelógramos, cuyos lados mayores ó bases son todos iguales, y cuyas alturas son los diferentes lados de la sección recta; de modo, que como el área del paralelógramo es igual al producto de la base por la altura, la suma de todas estas áreas será igual á la base, factor común, por la suma de todas las alturas, ó sea del perimetro de la sección recta.

El área lateral de un cilindro es igual á la circunferencia de su base multiplicada por su altura, porque el cilindro no es más que un prisma de infinito número de caras.

Si es un tronco de cilindro, su área es igual á la circunferencia de su base multiplicada por su eje.

El área de una esfera es igual al producto de una circunferencia de círculo máximo por su diámetro.

El área de un casquete esférico es igual al producto de una circunferencia de círculo máximo por su altura.

El área de una zona esférica es también igual al producto de una circunferencia de círculo máximo por su altura.

En general, el área de un poliedro cualquiera es la suma de las áreas de cada una de sus caras.

De modo, que para tener el área total de la pirámide, prisma, cono y cilindro, habrá que sumar á las áreas laterales respectivas las áreas de sus bases correspondientes.

LECCION X.

Volúmenes de estos cuerpos.

Ya hemos dicho, que *volumen de un cuerpo es la porción de espacio ocupado por este cuerpo*. Medirlo es hallar la razón que existe entre él y el volumen admitido como unidad.

La unidad de volumen es el cubo cuyo lado es la unidad lineal.

El volumen de un prisma recto rectangular ó paralelepipedo rectángulo, es igual al producto de sus tres dimensiones, ó sea al producto del área de la base por la altura. En efecto; Fig. 48, si dividimos sus tres lados ó dimensiones en unidades lineales, y uniendo los puntos de división por medio de rectas, cortamos el cuerpo en tantas zonas horizontales como unidades tiene la otra arista ó altura.

Cada una de estas zonas horizontales mide por volumen la suma de todos los cubos unidades que contiene, cuyo número es igual al área de la cara base; luego la suma del volumen de todas estas zonas será el volumen del prisma dado, y la suma de estos volúmenes es igual á el área de la base, sumada tantas veces como unidades tiene la altura, ó sea multiplicada por esta altura, que es lo que queríamos demostrar.

Fundados en esto, tendremos que el volumen de un cubo,

caso particular del paralelepípedo rectangular, será igual á la tercera potencia ó cubo de su arista.

El volumen de un paralelepípedo cualquiera es igual al producto del área de su base por su altura, porque podemos trasformarlo en otro paralelepípedo que sea rectangular y que tenga igual altura y base equivalente.

Si á un paralelepípedo lo cortamos por un plano diagonal, Fig. 49, lo dividiremos en dos prismas triangulares iguales: luego cada uno de ellos tendrá un volumen mitad del del paralelepípedo, ó sea mitad del área de la base por la altura; pero la base del prisma triangular es un triángulo precisamente mitad del área de la base del paralelepípedo; luego el *volumen del prisma triangular será igual al área de su base por su altura.*

El volumen de un prisma poligonal cualquiera es el producto del área de su base por su altura. En efecto; si dividimos en triángulos el polígono de su base y tiramos planos por estas líneas y por las aristas correspondientes del prisma, habremos descompuesto á este en varios prismas triangulares, cuya suma de volúmenes será igual al volumen del prisma dado. Estos prismas triangulares tienen por volumen el área de su base por su altura, y como esta altura es común á todos ellos, tendremos, al sumar, que resultará la altura multiplicada por la suma de todas las áreas de las bases parciales, ó sea por el área de la base total, que es lo que deseábamos demostrar.

El volumen de un cilindro es igual al área del círculo de su base por su altura, porque ya sabemos que un cilindro no es más que un prisma de infinito número de caras.

El volumen de un tronco de cilindro es igual al producto del área de su base por su eje.

El volumen de un sector esférico es igual al área del casquete esférico que le sirve de base, multiplicada por el tercio del radio.

El volumen de una esfera es igual al tercio del producto de su área por el radio.

El volumen de un segmento esférico será igual á la suma ó á la diferencia de los volúmenes del sector y cono correspondientes que le producen.

El volumen de una sección esférica es igual á la diferencia de los volúmenes de los dos segmentos que la originan.

En general, el volumen de un poliedro cualquiera se obtiene descomponiéndole en pirámides, hallando el volumen de estas pirámides y sumándolas.

El volumen de cada una de las pirámides es igual al tercio del producto del área de su base por su altura: el tronco de pirámide de bases paralelas tiene por volumen el tercio del producto de su altura por la suma de las dos bases y de su media proporcional.

La misma expresión de volumen tienen el cono y el tronco de cono de bases paralelas, por no ser más que pirámides de infinito número de caras.

LECCION XI.

Definición y propiedades esencialísimas de la elipse, parábola y hélice.

La *elipse* es una curva que goza de la propiedad de que la suma de las distancias de todos sus puntos á dos fijos es siempre constante. Estos dos puntos fijos se llaman *focos* de la elipse, y aquellas distancias, ó sean las rectas tiradas desde cualquier punto de la curva á los focos, se denominan *radios vectores*.

La elipse tiene todos sus diámetros desiguales. El que pasa por los focos se llama *eje mayor*, y el que es perpendicular á este en su punto medio, es el *eje menor*.

Los *vértices* de la elipse son los cuatro extremos de estos dos ejes, y *centro* el punto en que se cortan los mismos ejes.

Se llama *excentricidad* de la elipse á la distancia que separa al centro de los focos.

Si una elipse gira al rededor de uno de sus ejes, formará un sólido llamado *elipsoide de revolución*.

El área de una elipse es igual al valor de π multiplicado por la mitad del producto de sus ejes.

Una elipse se construye de varios modos:

1.º Cuando se dan los focos de la elipse, se puede haer

esta construcción de dos maneras, por puntos y por movimiento continuo.

a. Fig. 50. Puesto que no se dan más que los focos $a b$ y no la longitud de ningún eje, tomemos sobre la recta prolongada que une los focos, dos distancias á uno y otro lado, arbitrarias ac , bd , pero iguales: los extremos de estas distancias serán dos vértices de la elipse. Sobre este mismo eje se toma un punto cualquiera m , y con la parte de eje comprendida entre los vértices y el punto como radios, mc y md , tracemos desde los focos como centros, dos círculos con cada uno de aquellos, y los puntos en que se cortan nos darán cuatro puntos que serán de la elipse y así sucesivamente.

b. Si fijamos en los focos $a b$ los extremos de un hilo de longitud arbitraria cd y teniéndole siempre tirante por medio de un lápiz ó estilete, movemos á éste continuamente, la curva que habremos descrito será una elipse. Si además de darnos los focos se nos hubiera señalado la longitud del eje mayor de la elipse, entonces la longitud del hilo sería la de este eje.

Por esta construcción vemos que se pueden construir muchas elipses que tengan los mismos focos, como se pueden construir muchos círculos con el mismo centro.

2.º Construir la elipse cuando se conocen sus dos ejes.

Es evidente que si determinamos los focos ya sabremos construirla por cualquiera de los dos medios anteriores.

Para conocer estos focos basta describir desde los extremos del eje menor, con un radio igual al semi-eje mayor, un arco de círculo, y los puntos de intersección de este arco con el eje mayor, son los focos de la elipse.

Hay otro procedimiento para construir la elipse sin necesidad de conocer los focos, y es el siguiente: Fig. 51.

Desde el centro de la elipse, y con diámetros iguales á los ejes mayor y menor, se describen dos circunferencias, se tira un radio cualquiera del círculo mayor oa ; por su extremo se

baja una perpendicular ab al eje mayor, y por el punto en que corta á la circunferencia menor m , se tira una paralela al mismo eje, y el punto de intersección de estas dos últimas rectas n , es un punto de la elipse, y así sucesivamente.

Parábola es una curva que tiene cada uno de sus puntos equidistante de un punto fijo y de una recta fija. El punto fijo se llama *foco* f y la recta fija *directriz* AB , Fig. 52.

Radio vector es la línea recta tirada desde el foco á un punto de la curva fq .

Eje de la parábola es la perpendicular bajada desde el foco á la directriz fg .

El punto en que este eje corta á la parábola es el *vértice* de esta curva v .

La parábola no es curva cerrada, es una curva abierta cuyos puntos se van alejando más del eje á medida que crece el radio vector; puede considerarse como una elipse de eje mayor infinito.

Una parábola se puede construir de dos modos: primero, por puntos; segundo, por movimiento continuo.

1.º Para construir una parábola, los datos han de ser la directriz y el foco.

Conocidos estos, se baja desde el foco una perpendicular á la directriz, y la mitad de esta distancia marcará el vértice de la parábola: se toma en seguida un punto cualquiera sobre el eje a , se levanta una perpendicular á este, y desde el foco, con un radio igual á la distancia del pié de la perpendicular á la directriz ag , se trazan dos arcos de círculo que cortan á esta perpendicular en dos puntos pp , que serán de esta curva, y así sucesivamente.

2.º Fig. 53. Hagamos coincidir el cateto ab de una esqua-

dra con la directriz y que el otro cateto ac pase por el foco; tomemos un hilo de la longitud de este último cateto y fijemos sus extremos uno en el foco y otro en el ángulo movil c de la escuadra ó extremo de este cateto; poniendo tirante el hilo con un lapiz ó estilete y haciendo resbalar á la escuadra sobre la directriz, la curva trazada será una parábola.

Como la parábola es una curva abierta, para determinar el área tendremos que considerarla limitada por una perpendicular á su diámetro en un punto cualquiera.

Pues bien; el *área* de este segmento parabólico pvp es igual á los dos tercios del área del rectángulo formado por el diámetro va y su perpendicular pp , Fig. 52.

Si en un cilindro cuya base es horizontal dividimos la circunferencia en un número de partes iguales y por los puntos de división tiramos los lados del cilindro, perpendiculares por consiguiente á la base, y en una de estas perpendiculares tomamos una cantidad cualquiera que aplicamos duplicada, triplicada, cuadruplicada, etc., sobre el 2.º, 3.º, 4.º, etc., lado del cilindro y juntamos con una línea todos los puntos resultantes, la curva formada será una *hélice*, Fig. 54.

Las porciones de curva comprendidas entre dos puntos inmediatos de un mismo lado del cilindro, se denominan *espiras* de la hélice $AaBcC$, $CbDdE$, y la parte AC , BD , ab , cd de los lados comprendidos entre los extremos de la espira se llama *paso* de la hélice.

Altura de un punto de la hélice es la perpendicular bajada desde dicho punto á la base del cilindro am , bm , y *arco* correspondiente á este punto, la parte de circunferencia comprendida entre el origen de la hélice y el pié de la perpendicular del punto dado: es evidente que á esta parte de circunferencia habrá que añadir una, dos, tres circunferencias enteras si el punto dado está en la 2.ª, 3.ª ó 4.ª espira.

Si desarrollamos ó desliamos la superficie de un cilindro que tiene trazada una hélice, veremos que cada espira forma la hipotenusa de un triángulo rectángulo, cuya base es la longitud de la circunferencia y cuya altura es el paso de la hélice.

De modo que podremos construir esta curva conociendo su diámetro y su paso, porque bastará construir el triángulo antedicho y arrollarlo al cilindro correspondiente.

LECCION XII.

MECÁNICA.

**Constitución física de los cuerpos.—Movimiento.—Inercia.—
Gravedad.—Definición é importancia de la mecánica.**

Se llama *cuerpo* lo que tiene extensión limitada, es impenetrable y produce impresión en nuestros sentidos por cualidades que le son propias.

Los fenómenos que nos ofrecen los cuerpos son debidos á la *materia* que sustancialmente los forma y á las *fuerzas naturales ó energía* que sobre esta materia obran.

La materia es un conjunto de *moléculas* colocadas unas al lado de otras, sin tocarse, pero con facultad de aproximarse separarse, fijarse ó rechazarse unas á otras.

Molécula es la partícula, inapreciable á los sentidos por su extrema pequeñez, en que puede considerarse dividido un cuerpo. Esta molécula tiene la misma composición, las mismas propiedades que todo el cuerpo, puesto que no es más que el mismo cuerpo sumamente pequeño; pero esta molécula es á su vez divisible en cada uno de los cuerpos simples químicos que constituyen este cuerpo compuesto, obteniéndose así otras

partes materiales que ya son absolutamente indivisibles y que se denominan *átomos*.

Así, por ejemplo, si consideramos un cuerpo, un trozo de sulfuro de plomo ó galena, dividido mecánicamente en un millón de partes, y cada una de estas partes en otro millón, y así sucesivamente vamos dividiendo con la imaginación, porque ya faltan medios materiales para proseguir esta división mecánica, hasta que se llegue á un límite, pasado el cual se obtiene la alteración ó descomposición química del cuerpo, habremos obtenido las moléculas de este cuerpo. Si ahora tomamos una de estas moléculas de sulfuro de plomo y la dividimos más, obtendremos separados el azufre y el plomo que constituyen esta combinación química, sulfuro de plomo, dando por resultado un átomo de azufre y un átomo de plomo, cuerpos que tienen distintas propiedades del dado y que son ya absolutamente indivisibles.

De modo, que para formarse idea de lo que es el cuerpo elegido como ejemplo, lo compondremos en la imaginación combinando una serie de átomos de azufre con otra serie de átomos de plomo, y obteniendo nueva serie de moléculas de sulfuro de plomo, cuerpos iguales al elegido, pero de pequeñísimo tamaño; agrupemos ahora todas estas moléculas unas al lado de otras, y obtendremos el cuerpo que impresiona nuestros sentidos, la materia ponderable, impenetrable y divisible.

Hemos dicho que además de la materia entra á ser elemento indispensable en la manifestación de los fenómenos de los cuerpos, la energía ó fuerza natural, y debemos saber, que *energía, fuerza natural* ó simplemente *fuerza*, es *aquella causa desconocida en su esencia, pero apreciable en sus efectos, que produce ó tiende á ocasionar el movimiento*, como la fuerza del calórico, la de atracción, la de la gravedad, la muscular, etc.

Según que la fuerza de atracción que aproxima ó une las moléculas de un cuerpo, sea mayor ó menor, así el cuerpo tomará un estado diferente.

Todo cuerpo posee la facultad de adoptar tres estados distintos: sólido, líquido y gaseoso.

El *estado sólido* es aquel en que las moléculas cambian de posición en el cuerpo y ocasionan una modificación en la forma de este, cuando se ejerce sobre ellas una fuerza superior á la resistencia que ofrecen.

En el *estado líquido ó gaseoso*, el menor esfuerzo basta para que las moléculas cambien de lugar y den al cuerpo distinta forma de la que antes tenían. A los cuerpos en este estado se les da por esta causa ó razón el nombre de *fluidos*.

El *estado líquido* se diferencia del *gaseoso* en la dificultad inmensa, casi imposibilidad, de hacer disminuir el volumen de los primeros y la gran facilidad con que se consigue en los segundos.

Vemos, pues, que la fuerza de atracción de las moléculas es menor en los cuerpos gaseosos que en los cuerpos líquidos, y en estos menor también que en los sólidos: de modo, que en el estado sólido está el máximum de atracción molecular y en el estado gaseoso el mínimum.

La agrupación de las moléculas unas al lado de otras para constituir la materia de los cuerpos, supone desde luego que estas moléculas dejan entre sí huecos ó espacios á que se da el nombre de *poros*.

Estos huecos ó poros pueden hacerse más pequeños reduciéndolos por medio de la aplicación de una fuerza que produzca la mayor aproximación de las moléculas: esta propiedad de la materia se llama *compresibilidad*, y á la fuerza que la ocasiona *fuerza de compresión*. La compresibilidad tiene su máximo en el estado gaseoso y su mínimo en el estado líquido.

Pero todos los cuerpos sujetos á la compresión ofrecen una tendencia á volver á su primitiva forma en cuanto cesa la fuerza que se las hizo variar, y á esta propiedad se llama *elasticidad*, que tiene su grado máximo en los gases, razón por la cual

se llaman *fluidos elásticos* y su grado mínimo en los líquidos.

La materia que constituye los cuerpos está adornada además de otras dos cualidades esenciales, que son la movilidad y la inercia.

La *movilidad* es la propiedad que tienen los cuerpos de ocupar en el espacio diversas posiciones sucesivas. *Movimiento es el estado de un cuerpo que cambia de lugar. Reposo es su permanencia en el lugar que ocupa.*

De estas definiciones se deduce que, para apreciar el movimiento se necesita un punto fijo é invariable, al cual se refiera el cuerpo que se mueve ó que está en reposo, para que se pueda apreciar por su medio si cambia ó no de lugar.

Como no tenemos en la naturaleza ningún cuerpo en perfecto estado de reposo, de aquí que sea inapreciable para nosotros el *verdadero ó absoluto* estado de movimiento ó reposo, y solamente nos sea permitido conocer el estado *relativo*, ó sea la aceptación como punto fijo y en reposo, de un cuerpo que, aunque esté dotado de algún movimiento, aparezca á nuestros sentidos como completamente fijo. Así, decimos, que un buque, un tren, un globo, se mueven porque los referimos á edificios, montes, árboles, etc., que suponemos fijos á pesar de estar en la superficie de la tierra, y por consiguiente, sujetos al movimiento de rotación y traslación de ésta.

Cuando por la aplicación momentánea de una fuerza sobre un cuerpo, hacemos variar á éste de su estado de reposo á un estado de movimiento, es evidente que el cuerpo seguirá moviéndose indefinidamente de la misma manera que empezó, porque la materia es incapaz por sí sola de producir alteración alguna: luego, para que el cuerpo varíe su estado de reposo ó movimiento, se necesita del auxilio de una fuerza extraña.

Esta ineptitud ó indiferencia de la materia para cambiar su reposo ó su movimiento, es lo que se denomina fuerza de inercia.

Pero esto que teóricamente es posible y cierto, no lo es en

la práctica, porque todos sabemos que todo cuerpo que se mueve por virtud de una fuerza momentánea, concluye por pararse; es decir, por pasar del estado de movimiento al estado de reposo. En efecto; una bala de cañón puesta en movimiento por la fuerza explosiva de la pólvora, concluye por tocar la tierra, quedando en reposo, sin que el hombre haya puesto en acción ninguna fuerza nueva.

Si examinamos despacio lo que en este, como en todos los demás casos sucede, veremos que al ser lanzada al espacio la bala de cañón va solicitada por dos fuerzas, no por una sola, como á primera vista parece; una momentánea, que es la fuerza explosiva de la pólvora (elasticidad de los gases de la combustión), y otra constante, que es la *materia ponderable* de la bala (peso de la materia ó sustancia que la constituye), fuerza nueva, esta última, que es contraria á la primera, y que por tanto tiende á destruirla anulando sus resultados. Luego debemos deducir de aquí, que si esta última fuerza no existiera, la primera continuaría indefinidamente su acción, y por tanto que es cierta la existencia de la inercia como propiedad esencial de la materia sin peso.

No es esta sola la causa que se opone á la existencia visible de la inercia, pues hay otras, como la impenetrabilidad de la materia, los rozamientos, etc., que ejercen acción semejante á la del peso del cuerpo para modificar y anular esta propiedad, y que más adelante daremos á conocer.

Cuando un cuerpo se abandona á sí mismo en el espacio, cae á la tierra; es decir, es puesto en movimiento en virtud de una fuerza que le impulsa y dirige á la tierra. Esta propiedad es la que se llama *gravedad*: es como una atracción que ejerce la tierra sobre el cuerpo, y que por ser esta casi esférica, parece estar situada ó acumulada en su centro de figura.

La gravedad se ejerce constantemente en una misma dirección, en la línea vertical que pasa por el cuerpo, ó sea en la

prolongación del radio de la tierra que pasa por el cuerpo; luego si la masa ó materia que forma la tierra no se opusiera al paso del cuerpo en su caída, este llegaría al centro de la tierra y allí quedaría en reposo.

Esta propiedad la poseen con igual intensidad todos los cuerpos; es decir, que la fuerza de la gravedad es constantemente la misma en magnitud para todos los cuerpos, lo mismo para los más ligeros, como para los más pesados; pues si bien vemos que un pedazo de papel y un trozo de plomo dejados caer desde un mismo punto, llegan en tiempos desiguales á la tierra, esto consiste en la resistencia que opone el aire á su movimiento: si estos cuerpos se moviesen en el vacío, el tiempo empleado en su caída sería el mismo para los dos.

Esto mismo se puede demostrar con un ejemplo fácil de ejecutar. Si cortamos un círculo de papel exactamente igual en diámetro al de una moneda cualquiera y dejamos caer simultáneamente, pero separados, estos dos cuerpos, veremos que la moneda llega á la tierra mucho antes que el papel; pero si colocamos el papel sobre la moneda y se dejan caer á la vez los dos, veremos como llegan á un mismo tiempo también á la tierra.

La explicación consiste en que en el primer caso la resistencia del aire se opone más fuertemente á la caída del papel que á la de la moneda; y en el segundo, como el papel va resguardado de la resistencia del aire por la moneda que marcha delante de él, y no sufre, por consiguiente, su acción retardatriz, la gravedad obra igualmente sobre el uno que sobre la otra, y la caída se verifica en igual tiempo.

Cuando la resistencia que el aire opone á la caída del papel es igual en magnitud á la acción de la gravedad, el papel no cae, es decir, no se mueve; y en general, cuando dos ó más fuerzas obran sobre un cuerpo sin alterar su estado, ya sea de reposo, ya de movimiento, estas fuerzas se contrarestan ó equi-

libran, y por tanto, el cuerpo queda en estado de *equilibrio*.

El cuerpo en *equilibrio*, aunque esté quieto, no en movimiento, se diferencia esencialmente del cuerpo en *reposo*, porque aquel supone la existencia de fuerzas que actúan sobre él y este la carencia absoluta de fuerza alguna.

La ciencia que estudia los fenómenos que ocasionan las fuerzas cuando actúan sobre los cuerpos, se llama *Mecánica*.

Cuando estas fuerzas actúan sobre los cuerpos sólidos de nuestro globo, se denomina *Mecánica propiamente dicha*, ó simplemente *Mecánica*.

Si las fuerzas actúan sobre los fluidos, entonces se denomina *Mecánica hidráulica ó de fluidos*.

Cada una de estas dos partes de la *Mecánica* en general se divide en *estática* y *dinámica*. La primera estudia los cuerpos en equilibrio; la segunda los analiza cuando están en movimiento.

El estudio de la *Mecánica* es importantísimo, como desde luego se comprenderá, si nos fijamos en la universalidad de sus aplicaciones. La arquitectura, la artillería, la navegación, las profesiones todas que se relacionan con la industria en general, no son más que aplicaciones constantes de los principios de esta ciencia.

Es por tanto una ciencia de esencialísimo interés y absolutamente necesaria para toda clase de conocimientos y de aplicaciones industriales.

LECCION XIII.

Fuerzas.—Su composición siendó concurrentes.—Par de fuerzas.—Dinamómetro.

Hemos definido ya *la fuerza* diciendo que es aquella causa desconocida en su esencia, pero apreciable en sus efectos, que produce ó tiende á ocasionar el movimiento.

En toda fuerza hay que distinguir su intensidad, su dirección y su punto de aplicación. La *intensidad* es la relación de magnitud entre la fuerza dada y la que se tome por unidad. La *dirección* de la fuerza es la línea recta que tiende á recorrer el cuerpo á que se aplica esta fuerza, y según lo recorra á uno ú otro lado de esta misma recta, así será el *sentido* de esta dirección. *Punto de aplicación* es el punto del cuerpo sobre que actúa directamente la fuerza y que marcharía en el sentido de esta fuerza si estuviese desligado de las demás partes del cuerpo.

Así, por ejemplo, si consideramos el caso de una bola de billar puesta en movimiento por un taco impulsado por el hombre, tendremos que la intensidad de la fuerza que hace mover á la bola es la cantidad de fuerza que el hombre trasmite por medio del taco; su dirección será la línea recta que la bola recorre; su sentido será uno si el taco toca á la bola en su parte

alta, y otro contrario si la toca en la parte baja, produciendo lo que se llama retroceso; y punto de aplicación la parte de la bola que es tocada por el taco, y que es la única parte que se pondría en movimiento si no fuese por la fuerza de atracción que liga á todas las moléculas de la bola y que obliga á que el resto de la bola que no ha sido tocado por el taco, sea arrastrado en su movimiento por la parte tocada.

Por lo dicho se comprende fácilmente que una fuerza está perfectamente representada por una línea recta, cuya longitud será la intensidad, su punto de aplicación uno de sus extremos, su dirección la de la misma recta, y su sentido la del punto de aplicación hácia el otro extremo, si es que no está marcado con una flecha, como se acostumbra á hacer.

Con esta representación tendremos que las relaciones de magnitud y de posición de las fuerzas dependerán exclusivamente de las rectas que las representan, y por tanto, que los problemas de Mecánica podrán resolverse como si fueran de Geometría, admitiendo de antemano ciertos principios evidentes que nos enseña la experiencia.

Estos son:

1.º Dos fuerzas iguales y contrarias aplicadas á un punto, se equilibran, pues no hay razón para que el cuerpo se mueva en un sentido con preferencia al otro contrario.

Si las fuerzas en vez de estar aplicadas á un punto lo están á los dos extremos de una recta invariable, que está en su misma dirección, también se equilibran; porque *una fuerza puede trasladarse de un punto á otro de un cuerpo, siempre que estos dos puntos estén en la misma dirección de la fuerza.*

2.º Cuando varias fuerzas se equilibran, cada una de ellas es igual y contraria á la resultante de las demás. Se llama *resultante* de varias fuerzas, á aquella fuerza única que es capaz de producir el mismo efecto que todas las otras. Estas otras constituyen lo que se denomina un *sistema de fuerzas*, ó sean



varias fuerzas que obran sobre un cuerpo, concurriendo á un mismo fin y son las *componentes* de aquella resultante.

3.º A un sistema de fuerzas se pueden añadir ó quitar otras fuerzas, siempre que estas últimas se equilibren entre sí.

4.º La resultante de varias fuerzas aplicadas á un punto y en un mismo sentido, es igual á la suma de estas fuerzas según se desprende del modo de obrar de las fuerzas.

5.º Si dos fuerzas estuviesen aplicadas á un mismo punto en sentidos directamente contrarios, la resultante sería igual á la diferencia de ambas fuerzas, y su sentido sería el de la mayor. En efecto; si la fuerza mayor A se sustituye por otras dos, una a igual á la más pequeña B , y otra, que será la diferencia entre A y B , $A - B$, podremos anular las fuerzas B y a como iguales y contrarias en una misma dirección, y solo quedará obrando sobre el cuerpo como única fuerza la $A - B$, que será la resultante, y en el sentido de la mayor A .

De aquí se deduce que la resultante de un sistema de fuerzas que obran sobre un punto en dos sentidos directamente contrarios, es igual á la suma de las fuerzas que obran en un sentido, menos la suma de las fuerzas que obran en el otro opuesto.

6.º Dos fuerzas que obran sobre un punto y que no se equilibran, tienen forzosamente una resultante; porque es evidente que el cuerpo tenderá á moverse en un sentido determinado. Esta resultante está comprendida en *el plano de las fuerzas*, porque no hay razón alguna para que al no estar situado en el plano, lo esté á un lado con preferencia al otro. Además, esta resultante está *comprendida en el ángulo formado por las fuerzas*; porque sino fuese así, bastaría equilibrar esta supuesta resultante R' con otra igual y contraria á ella R , que á su vez equilibraría á las dos fuerzas dadas A y B ; y basta solo inspeccionar bien la Fig. 55 que resultaría, para comprender que esto es absurdo.

La operación por medio de la cual se halla la resultante de varias fuerzas, se denomina *composición de fuerzas*: *descomposición de fuerzas* será la operación inversa; es decir, reemplazar una fuerza única por otras varias que produzcan el mismo efecto.

La resultante de dos fuerzas concurrentes queda determinada en magnitud y en dirección por la diagonal del paralelogramo construido sobre las fuerzas dadas.

Esto se demuestra prácticamente por medio del aparato de Delaunay, que se compone de tres reglitas divididas que giran al rededor de un mismo punto y de otras dos sin dividir que resbalan unidas á lo largo de una de las reglas anteriores, Fig. 56.

Dos de las primeras A y B están articuladas en un punto O , por donde pasa la tercera R y que se mantiene vertical por medio de un peso P en cuanto se equilibra este y el peso de las tres reglitas. En los extremos A y B de estas reglas hay sujetos dos hilos que, despues de pasar por dos poleitas m , sostiene otros dos pesos Q Q .

Variando estos pesos Q , que siempre han de ser iguales, el ángulo que forman las reglas A y B , aumenta ó disminuye según aumentan ó disminuyen estos pesos, y las otras dos reglas C D se abren ó se cierran resbalando á lo largo de la R . El número de divisiones de esta regla R y su dirección, que es vertical por condición propia del aparato, nos da la magnitud y la dirección de la resultante, que no es otra que la dirección y longitud de la diagonal del paralelogramo formado por las cuatro varillas, ó sea del paralelogramo formado sobre las dos fuerzas dadas Q y Q .

Cuando sean más de dos las fuerzas concurrentes, se hallará la resultante de dos de ellas; despues la resultante de esta resultante hallada y otra de las fuerzas; en seguida la resultante de esta segunda resultante y otra de las fuerzas dadas, y así sucesivamente.

Momento de una fuerza con respecto á un punto, es el producto de dicha fuerza por la longitud de la distancia que hay desde la fuerza al punto; así el momento de la fuerza F con relación al punto A , es $F \times Aa$, Fig. 57.

La distancia Aa es el *brazo* del momento, y el punto A el *centro* del momento de la fuerza.

La resultante de dos fuerzas paralelas que actúan en el mismo sentido, es paralela y del mismo sentido que ellas, es igual en magnitud á la suma de las fuerzas dadas, y dista de cada una de ellas longitudes inversamente proporcionales á sus magnitudes.

Esto se demuestra experimentalmente con un aparato, Fig. 58, que consta de una regla AB , dividida en partes iguales, que se numeran ó cuentan á partir de su centro O . Esta regla se suspende en su centro por el intermedio de la abrazadera O y de un hilo que pasa por una polea, á modo de los brazos de una balanza: en el otro extremo del hilo se cuelgan los pesos necesarios para equilibrar los pesos que se cuelguen y el propio de la regla.

Si en el brazo izquierdo de la regla ponemos un peso 4, en la segunda división, y en el brazo derecho hemos de colgar un peso 2, veremos que para lograr la horizontalidad de la reglita, hay que colocarlo en la división 4, despues de haber colgado pesos suficientes en c para lograr el equilibrio.

Examinando ahora el resultado obtenido, veremos que la resultante C obra en el mismo sentido que las componentes 4 y 2, y es paralela á ellas porque todas son verticales; que es igual en magnitud á la suma de ellas, porque el peso C es 6 y que su distancia á la fuerza 4 es mitad de lo que dista de la fuerza 2; es decir, inversamente proporcional á la relación de las fuerzas.

Esto mismo se verifica cuando las fuerzas paralelas, en vez de obrar en el mismo sentido, lo hacen en sentidos contra-

rios, puesto que no hay más que considerar á la fuerza mayor como positiva y á la menor como negativa y cambiar, por tanto, la suma en resta. Así, podemos decir, *que la resultante de dos fuerzas paralelas y contrarias, es paralela á las componentes, igual á su diferencia y colocada ó aplicada á distancias inversamente proporcionales á las intensidades de las fuerzas.*

La demostración puede hacerse con el mismo aparato anteriormente descrito, haciendo obrar uno de los pesos ó fuerzas en sentido contrario á la vertical, por medio de un hilo que, pasando por una polea de cambio, se ata por uno de sus extremos á la división correspondiente de la regla, y que por el otro extremo lleva suspendido el peso ó fuerza dada.

Si las fuerzas paralelas y contrarias son iguales, la resultante es cero en magnitud: por lo tanto, no hay movimiento de traslación en el cuerpo que se encuentra solicitado por estas fuerzas, pero sí hay tendencia al movimiento de rotación al rededor de un punto fijo.

Estas fuerzas constituyen lo que se denomina un *par de fuerzas*, cuyo brazo es la perpendicular común á ambas fuerzas.

Momento de un par es el producto de una de las fuerzas por su brazo.

Si en vez de ser dos las fuerzas paralelas que obran sobre un cuerpo, son en mayor número, se determinará su resultante de un modo análogo al dicho, al tratar de las fuerzas concurrentes; es decir, componiendo dos de ellas; luego esta resultante con otra de las fuerzas, etc.

Para medir prácticamente la intensidad de las fuerzas se usan los aparatos llamados Dinamómetros.

Uno de los más comunes consiste en un fleje de acero doblado en un ángulo cualquiera, Fig, 59, que lleva en cada uno de los extremos de sus lados un arco de círculo que pasa á su vez por una muesca abierta en el otro lado: uno de estos

arcos termina por su extremo libre en una argolla, y el otro arco concluye en el extremo análogo en un gancho. Suspendiendo el dinamómetro por la argolla y colgando pesos diferentes en el gancho, se podrán apreciar las magnitudes de estos pesos por el aumento ó disminución que sufra la abertura del ángulo, si uno de estos arcos está dividido.

Esta división se ejecuta de antemano, colgando del gancho pesas de 1 kilogramo, 2, 3, 4, etc., y marcando en uno de los arcos ó en los dos las posiciones que toman los lados del ángulo.

Otro dinamómetro es la *balanza de resorte*, Fig. 60, que consiste en un cilindro hueco que contiene un resorte de tirabuzón soldado por uno de sus extremos al cilindro y por el otro á una varilla colocada en el eje del cilindro y que termina por su otro extremo en un gancho, donde se cuelgan los pesos, ó donde se aplican las fuerzas que se tratan de medir, y cuya magnitud se aprecia por la división que existe sobre esta varilla.

Puede también estar dispuesto de un modo inverso; es decir, la varilla con argolla y el cilindro con gancho, Fig. 61.

Un tercer dinamómetro es el de *Poncelet*, Fig. 62, formado por dos varillas ó flejes de acero ligeramente encorvados y enlazados por articulación en sus cuatro extremos á dos pequeñas bridas. La varilla superior lleva la argolla, la inferior el gancho, y soldada á una cualquiera de estas ó á las dos, hay una ó dos reglitas graduadas que marcan por la aproximación de las varillas la intensidad de la fuerza aplicada.

LECCION XIV.

Definición de la máquina.—Palanca.—Balanza.

Se llaman *máquinas* los cuerpos que transmiten la acción de las fuerzas modificándolas.

Estas fuerzas se denominan *fuerzas motrices*, y el punto ó sitio de la máquina en que se aplican *receptor*.

La parte de la máquina que efectúa el resultado que nos proponemos, se denomina *operador*, y las partes de la máquina que existen entre el receptor y el operador, sirviéndoles de comunicación ó unión, se llaman *órganos intermedios ó comunicadores*.

Así, por ejemplo, en una máquina de vapor para aserrar, tenemos que el *motor* ó fuerza motriz es el vapor producido en la caldera, el cilindro y pistón el receptor, las barras y ruedas el comunicador, y la sierra el operador ó útil.

Para que cada una de las partes de las máquinas puedan desempeñar el papel que les corresponde, es preciso que cada una de ellas esté dotada de la rigidez, solidez é inextensibilidad necesarias para que conserven siempre su misma forma y puedan transmitir los esfuerzos y la velocidad que reciben.

Esta transmisión no puede nunca efectuarse con el mismo grado de intensidad con que se recibe, porque á ello se opo-

nen los rozamientos, la adherencia, los choques y la resistencia del medio en que se mueven.

Así es que el esfuerzo motor se distribuye necesariamente en dos partes, como son: la necesaria para efectuar el objeto á que se destina la máquina y que se denomina *trabajo* ó efecto *útil*; y la que es indispensable para vencer toda clase de resistencias contrarias al objeto propuesto, que se llaman *resistencias pasivas*.

De aquí se deduce que la fuerza motriz, lejos de aumentarse en las máquinas, se disminuye siempre, y que es completamente absurda la idea contraria que acoje todo el que desconoce la mecánica.

Anteriormente hemos empleado la palabra *trabajo*, y tenemos que definirla diciendo que es el producto de la fuerza motriz por el camino ó distancia que recorre el cuerpo á que se aplica, ó que recorrería si estuviese libre, siempre que esta distancia ó camino esté en la dirección de la fuerza motriz, pues si no lo estuviera habria que proyectar este camino sobre la dirección de la fuerza, y sería el producto de la fuerza por esta proyección.

De modo, que por lo que antes hemos dicho, vemos que el trabajo motor en una máquina es igual á la suma del trabajo útil, más el trabajo debido á las resistencias pasivas; y considerando al primero como trabajo de la potencia y á la suma de los segundos como el trabajo de la resistencia que hay que vencer, tendremos que en toda máquina el *trabajo de la potencia es igual al trabajo de la resistencia*, y que *el trabajo ó efecto útil de una máquina es siempre menor que el trabajo de la potencia*.

Pero como hemos dicho que el trabajo de una fuerza es el producto de esta fuerza por el camino recorrido, tendremos que si conservamos constante el factor *fuerza*, el producto variará, aumentando ó disminuyendo el otro factor *camino re-*

corrido. Así, pues, si tenemos una fuerza 5 que recorre un camino 8, su trabajo será 40, y si esta misma fuerza solo recorre 4, su trabajo será solamente 20.

Del mismo modo el trabajo 40 de la fuerza 5 y del camino 8, lo podemos efectuar también con la fuerza 4, y el camino 10, con la fuerza 2 y el camino 20, etc., etc.; y por tanto, si suponemos que esta última 2×20 es el trabajo de la potencia y 5×8 el trabajo de las resistencias, tendremos que con una potencia ó fuerza motriz 2, hemos conseguido otra fuerza 5 mayor que ella; pero que con un camino 20 de la primera sólo podemos conseguir otro menor, 8.

Esto que acabamos de decir, no sólo no se opone á lo ya expuesto de que la fuerza motriz no aumenta en las máquinas, sino que viene á corroborarlo, toda vez que á las fuerzas hay que considerarlas, no sólo en su intensidad ó magnitud, sino también en el tiempo durante el que obran. En efecto; un peso que actúa sobre una viga produce la curvatura de esta cuando actúa durante poco tiempo, pero cuando está largo tiempo ejerciendo su acción sobre ella, concluye por romperla; y es evidente que á pesar de ser la fuerza motriz la misma, el trabajo desarrollado en el primer caso es inferior al desarrollado en el segundo.

Así, en el caso considerado de un trabajo motor de 2×20 y un trabajo resistente de 5×8 , vemos que en la potencia la fuerza 2 se ha aplicado en una distancia 20 y que en la resistencia como la distancia es 8, menor que la anterior, la *energía* de la fuerza es mayor durante tan corto trecho; es decir, que si la fuerza es 2 kilóg. aplicados durante 20 met. recorridos en 20 segundos de tiempo, el trabajo resistente será el desarrollado por la fuerza 5 kilóg. durante 8 metros recorridos en los mismos 20 segundos. Esto nos dice que en las máquinas lo que *se gana en fuerza se pierde en tiempo*.

Las máquinas se dividen en simples ó compuestas. Las sim-

ples se subdividen en tres grupos: 1.º aquellas que tienen *un solo punto fijo*: 2.º las que tienen *dos puntos ó una línea recta fija*: y 3.º las que poseen *tres puntos ó un plano fijo*.

Las compuestas son aquellas que resultan de la diferente combinación de las máquinas simples entre sí y que por lo tanto tienen *muchos puntos fijos*.

Una de las máquinas simples del primer grupo es la *Palanca*, que no es otra cosa más que *una barra sujeta á girar al rededor de un punto que se llama punto de apoyo*. Las partes de la barra comprendidas entre este punto de apoyo y los puntos en que se aplican la potencia y la resistencia, se llaman *brazo de palanca de la potencia y brazo de palanca de la resistencia*.

Así, si consideramos, Fig. 63, una palanca que mantiene elevado un peso P por resultado de una fuerza Q paralela á P , sabemos que podemos componer estas dos fuerzas y hallar una tercera R que produzca el mismo resultado; pero esta fuerza R ha de pasar necesariamente por el punto de apoyo A , porque si no fuese así y pasase por otro cualquiera, la palanca giraría necesariamente al rededor del A por efecto de la fuerza R ; de modo que la inmovilidad de la palanca acusa desde luego que *el punto de aplicación de la resultante es el mismo punto de apoyo*; además sabemos ya que esta resultante está aplicada á distancias de las fuerzas inversamente proporcionales á las intensidades de las mismas; luego, $Q \times QA = P \times PA$, y por tanto, si P es 10, 100, 1.000 veces mayor que Q , PA , ó sea el brazo de la resistencia, será 10, 100, 1.000 veces menor que QA , brazo de la potencia: es decir, que 1 kilóg. aplicado á un brazo de potencia 10, equilibra ó sostiene á 10 kilóg. con un brazo de resistencia 1 ó á 5 kilóg. con un brazo 2, y así sucesivamente.

Si en vez de ser la palanca que hemos considerado una línea recta, fuese una línea quebrada, constituyendo una *palanca acodada ó acodillada*, ó bien una línea curva formando la *pa-*

lanca curva. sucederá enteramente lo mismo que con la palanca recta, puesto que se puede suponer sustituida la palanca acodada ó curva con otra recta que produzca el mismo resultado.

Si además de ser acodada ó curva la palanca no fuesen las fuerzas que sobre ella actúan perpendiculares á sus brazos de palanca, entonces, Fig. 64, desde el punto de apoyo A bajamos perpendiculares $A a$ y $A b$ á las fuerzas Q y P y la palanca dada $B A C$ la podemos considerar sustituida por la nueva acodada también $a A b$, que ya está solicitada por las dos fuerzas Q y P , perpendiculares á sus respectivos brazos, y que ya sabemos componer.

* Si observamos que en la palanca $A O B$, Fig. 65, al pasar de esta posición á otra $a O b$, el camino recorrido por la resistencia A es $A a$ y el descrito por la potencia B es $B b$, desiguales, por ser arcos de círculo descritos con distintos radios, y como los arcos son proporcionales á sus radios, será:

$\frac{B b}{A a} = \frac{R}{r}$: pero en toda palanca tenemos que $\frac{P}{Q} = \frac{r}{R}$; y por

tanto $\frac{P}{Q} = \frac{A a}{B b}$ ó $P \times B b = Q \times A a$, es decir, que *el trabajo*

de la potencia es igual al de la resistencia; lo cual confirma lo que antes hemos dicho de las máquinas en general.

Según la disposición que afecten la potencia, la resistencia y el punto de apoyo, se pueden considerar divididas las palancas en tres géneros: el primero es aquel en que el punto de apoyo está entre la potencia y la resistencia; el segundo es el en que el punto de apoyo está á un lado de la potencia y de la resistencia, y el tercero es aquel en que además de tener el punto de apoyo á un lado de la potencia y de la resistencia, aquella está más cerca de él que esta, Fig. 66.

La balanza es el instrumento con el que determinamos el peso de los cuerpos.

Peso de un cuerpo es la resultante de las fuerzas de gravedad que obran sobre cada una de las moléculas del cuerpo.

Este peso se determina por comparación ó relación con otros que se han tomado por unidad, como el kilogramo, la tonelada, etc.: de donde se deduce que lo que nosotros determinamos es el peso relativo de los cuerpos; es decir, la relación que hay entre el cuerpo dado y la unidad aceptada.

La balanza no es más que una palanca de brazos iguales ó que tiene su punto de apoyo en el centro de la barra; en uno de los extremos de esta, obra la potencia, que son las pesas ó unidades de peso elegidas, y en el otro extremo actúa la resistencia, ó sea el cuerpo que se trata de pesar. Estas potencia y resistencia se cuelgan de los extremos de la balanza ó se colocan en *platillos* dispuestos al efecto: el punto de apoyo ó *cuchillo* es la arista de un prisma triangular construido de materia muy resistente, que descansa sobre un plano también muy resistente, que es de ágata ó de acero. La barra de la palanca, *cruz*, lleva en su centro una aguja perpendicular á ella que se denomina *fiel*, Fig. 67.

Cuando la potencia y la resistencia sean iguales, la cruz debe ser horizontal, y por tanto el fiel vertical, porque no hay razón alguna que obligue á tomar otra posición á la cruz, toda vez que las dos fuerzas, potencia y resistencia, se equilibran.

Para comprobar la exactitud de una balanza, se vé si cuando los platillos están vacíos la cruz está horizontal; se colocan en seguida pesos iguales en ambos platillos, con lo cual la cruz debe permanecer horizontal; se cambian en seguida estos pesos, haciendo pasar al platillo de la derecha los que estaban á la izquierda y vice-versa, y si la barra sigue permaneciendo horizontal, la balanza está exacta. Con lo primero se comprueba la igualdad de los pesos de los brazos de la cruz y de los

platos; con lo segundo y lo tercero la igualdad de los brazos de palanca de la cruz.

En estas condiciones, un peso desconocido, colocado en un extremo ó platillo, será equilibrado por otro exactamente igual al colocado en el otro extremo ó platillo, y de aquí la manera de determinar el peso de un cuerpo, colocando en este platillo unidades de peso conocidas en cantidad bastante para lograr el equilibrio.

La balanza de Roberval, Fig. 68, se diferencia de la balanza común en que los platos están sobre la cruz en vez de colgar de ella; pero en esta disposición, si los platos están fijos, invariablemente á la cruz, al inclinarse ésta se inclinarán aquellos y se vaciarán; por lo cual hay que hacer de modo que se conserven siempre éstos horizontales á pesar de la inclinación que tome la cruz. Esto se consigue fácilmente por medio del paralelogramo articulado $abcd$, cuyas dos bases ab y cd tienen fijo un punto medio en una misma vertical á la que constantemente son paralelos los lados menores ac y bd .

La romana es una palanca de primer género en que la potencia y el brazo de la resistencia son constantes, no variando más que el brazo de la potencia y la resistencia.

La barra de la palanca está dividida por medio de trazos de diversa longitud que marcan las distintas unidades de peso, y cuyo punto de apoyo, al rededor del cual gira, lleva un gancho ó anilla para ser suspendida por él, y además un fiel; en el extremo más próximo al cuchillo lleva un gancho ó platillo para colocar en él el peso que se desea conocer, Fig. 69.

Para que se verifique el equilibrio, es preciso que $P \times OP = Q \times OQ$ y por tanto $OP = \frac{Q \times OQ}{P}$ con lo cual habremos determinado la distancia OP á que hay que colocar el peso constante P , pilón, para conseguir el equilibrio al Q ; leyendo, por tanto, en la barra las divisiones comprendidas por OP , sabremos el peso de Q .

De lo dicho se desprende que para dividir la barra de una romana no hay más que colocar pesos conocidos en Q y equilibrarlos con P , marcando su valor con un trazo y un número en la barra.

Es evidente también que si á la barra de la romana le damos otro punto de apoyo diferente que acorte ó alargue la distancia OQ , habrá que trazar nuevas divisiones en la barra, pues que se deberá considerar como otra romana diferente de la anterior; y que si se combinan ambas en una misma, podremos hacer con una misma romana dos pesos diferentes, llamados vulgarmente uno *por lo mayor* y otro *por lo menor*.

Se llama *báscula* ó *balanza de Quinteuz*, su autor, á aquellas balanzas que están compuestas de varias palancas combinadas de modo que actúan como si fueran una sola palanca de brazos desiguales é invariables.

Un tablero ó platillo que tiene un costado vertical y otro horizontal abc , Fig. 70, y que está unido con la pieza d por la ad , descansa sobre la palanca fg por el cuchillo e ; esta palanca es móvil al rededor del punto extremo f , y está unida por articulación con la varilla gh ; la pieza d lleva otra varilla articulada lm , y tanto ésta como la anterior se enlazan á una palanca ho que gira al rededor del punto n .

En estas palancas se verifica la condición siguiente: la relación de ef á fg es lo mismo que la relación de mn á hn .

Si no hay cuerpo alguno sobre el tablero, la palanca ho se mantendrá en equilibrio por la acción de su propio peso, de el del platillo P y de los pesos añadidos. Al colocar un peso Q sobre el tablero, este peso se transmitirá repartido á los puntos e y l en que descansa el tablero: la parte del peso Q que actúa en l se trasmite directamente á la palanca ho por la varilla lm , y la que actúa en e se transmitirá á la misma palanca ho por el intermedio de la varilla gh , pero disminuida en la relación inversa de los brazos fe y fg , según sabemos por las leyes de

la palanca; pero por esta misma ley, esta fuerza, disminuida en el punto h de la palanca ho , se podrá considerar como obrando en el punto m de la misma con una intensidad inversamente proporcional á su brazo de palanca, y como antes hemos dicho que la relación entre ef y fg es la misma que entre mn y hn , resultará que al pasar al punto m habrá que multiplicarla por la misma relación porque antes se dividió, y destruyéndose estas dos operaciones reaparece la misma fuerza ó fracción del peso Q en el punto m . De modo, que en m tenemos reunido y actuando sobre la palanca ho todo el peso Q .

Ahora bien; si hacemos que el brazo mn sea 10, 100, 1.000 veces menor que el no , claro es que con un peso 10, 100, 1.000 veces menor equilibraremos al Q .

Para comprobar el buen estado de una báscula, hay que examinar si al no haber peso alguno sobre el tablero la balanza se mantiene horizontal; si no sucede esto, se establece el equilibrio por medio de pesos colocados en el platillo. Del equilibrio de esta balanza se juzga por la horizontalidad de la barra, según hemos dicho, y esta horizontalidad se conoce por el fiel, que en vez de ser una aguja vertical, consiste en dos botones salientes que hay, uno en la barra y otro en un punto fijo del bastidor de la báscula; la coincidencia de estos índices marca la horizontalidad.

LECCION XV.

Polea.—Polipastro.—Torno.—Cabrestante.

La *polea* ó *garrucha* es un disco circular que gira al rededor de un *eje* ó *perno* que pasa por su centro y que tiene una ranura ó canal, llamado *garganta*, en todo su contorno.

Si el eje está fijo á la polea, entónces sus dos extremos giran en dos agujeros circulares abiertos en una *chapa* ó *armas* que abraza á la polea, y esta chapa termina en un gancho que sirve para suspender la polea ó para colgar de él un peso, Fig. 71.

La polea exige el empleo de una cuerda ó cadena que pasa por su garganta para que pueda ser aplicada como máquina.

Las poleas se llaman *fijas* cuando ellas están suspendidas por el gancho de sus armas, porque entonces tienen su eje fijo y giran con éste sin tener movimiento de traslación. Se llaman *móviles* cuando estando ellas libres llevan un peso suspendido del gancho de las armas, porque entonces giran con su eje fijo al mismo tiempo que se mueven de un lugar á otro. Fig. 73.

Facil es comprender como obra una polea fija: la potencia P y la resistencia Q actúan sobre los extremos de la cuerda, y podemos considerarlas trasladadas á los puntos de tangencia a y b , Fig. 72; componiendo estas dos fuerzas obtendremos una

resultante que pasará forzosamente por el eje y que quedará completamente destruida por él; de modo, que para el equilibrio, la polea produce el mismo efecto que si fuera solamente la palanca acodada aob , y por tanto, $P \times ao = Q \times ob$ y como $ao = ob$, tendremos $P = Q$; es decir. la potencia igual á la resistencia: luego la polea no ha servido más que para cambiar la dirección del movimiento.

En la polea móvil, Fig. 73, la resistencia actúa sobre o , y la potencia en el extremo de una cuerda que tiene fijo en M el otro extremo; al actuar las fuerzas P y Q , la polea gira apoyándose en b , y por tanto, trasladando las fuerzas P y Q á los puntos a y o , tendremos sustituida la polea por una palanca angular ó acodada aob , cuya potencia está en a , la resistencia en O y el punto de apoyo en b , luego $P: Q:: ob: ba o'$, de donde $P = \frac{Q \times ob}{ab}$. Vemos, por tanto, que cuanto más aumente el valor de ab más disminuye el valor de P , y por consiguiente. queda favorecida la potencia. y que cuando ab llegue á su máximo, que es $2ob$, entónces $P = \frac{Q}{2}$, es decir, que cuando los dos lados de la cuerda sean paralelos, entonces la potencia es igual á la mitad de la resistencia.

Cuando en unas mismas armas, Fig. 74, se reúnen varias poleas, se constituye la máquina que se denomina *aparejo*, *trócula* ó *polipastro*.

La reunión de dos ó más tróculas ó polipastos constituye un sistema de tróculas, aparejos ó polipastos, Fig. 75.

La cuerda se fija por uno de sus extremos á las armas, pasa por la polea primera de la trócula inferior, sube para pasar á su vez por la garganta de la primera polea de la trócula superior, desciende para pasar por la segunda polea inferior, asciende para entrar por la garganta de la segunda superior, y así sucesivamente, hasta llegar á la última superior, en cuyo extremo de cuerda actúa la potencia ó fuerza de tracción.

Cuando con un sistema de tróculas se quiere elevar un peso Q á una altura H , es evidente que la distancia primitiva entre las tróculas superior é inferior se habrá acortado en esta cantidad H , y que por tanto, cada cordón ó trozo de cuerda que hay entre cada dos poleas simétricas se habrá acortado en la misma cantidad H , y que si hay tres poleas, por ejemplo, la cantidad total de cuerda que se habrá disminuido será $3H$; pero este $3H$ es el camino recorrido por la potencia P ; luego

$$P \times 3H = QH, \text{ de donde } P = \frac{QH}{3H} = \frac{Q}{3}, \text{ es decir, que la}$$

potencia será tres veces menor que la resistencia, ó en términos generales, *que la potencia es igual á la resistencia dividida por el número de poleas.*

Así, pues, si con un polipastro queremos elevar un peso de 1.000 kilogramos con una fuerza ó peso de 100 kilogramos, tendremos que emplear un polipastro de 10 poleas, porque

siendo $P = \frac{Q}{n}$, cuando n es el número de poleas de que consta el polipastro, tendremos $100 = \frac{1.000}{n}$ ó $100n = 1.000$ y

$$n = \frac{1.000}{100} = 10.$$

El *torno* es un cilindro de gran longitud con relación á su diámetro, cuyo eje se prolonga algo más allá de sus bases, tomando el nombre de *gorrones*, Fig. 75.

El cilindro se coloca de modo que su lado ó generatriz sea horizontal, y para conseguirlo, los gorriones descansan en dos cavidades ó *coginetes* practicados en dos piés derechos ó en un bastidor de madera que se llama *mesa*.

Para hacer girar al torno al rededor de su eje, se unen á estos gorriones dos palancas rectas ó curvas, que se denominan

manubrio ó cigüeña, á cuyo extremo se aplica la fuerza motriz ó potencia: la resistencia obra sobre el cilindro del torno, por medio de una cuerda arrollada á él que tiene uno de sus extremos fijo al cilindro, y del otro extremo pende el peso ó resistencia; una y otra fuerza obran tangencialmente á las circunferencias del cilindro y de la cigüeña.

Para determinar la ley de su equilibrio, consideremos estas dos circunferencias, Fig. 76, concéntricas y descritas con los radios $o a$ de la cigüeña, y $o b$ del cilindro, y las fuerzas P y Q aplicadas en los puntos $a b$. Estas fuerzas se encuentran en las mismas condiciones que si estuviesen aplicadas á una palanca acodada $a o b$, en la que ya sabemos que $\frac{P}{Q} = \frac{o b}{o a}$; es decir, que en el torno la potencia es á la resistencia, como el radio del cilindro es al radio de la cigüeña.

De la fórmula anterior se deduce que $P = Q \frac{o b}{o a}$, y llamando á $\frac{o b}{o a} = R$, tendremos $P = Q R$: si consideramos que Q es constante y que R se hace cada vez más pequeño, el valor de P se hará también más pequeño cada vez, y por tanto, con una potencia cada vez más pequeña se vencerá la misma resistencia Q . Pero para que $R = \frac{o b}{o a}$ disminuya es preciso que disminuya $o b$ ó que aumente $o a$; es decir, que se haga siempre mayor la diferencia de los radios del cilindro y de la cigüeña.

Luego, para favorecer la potencia no hay más que disminuir al uno ó aumentar al otro: así, si $o a = 4 o b$, tendremos $P = Q \frac{o b}{4 o a} = \frac{Q}{4}$; es decir, que con una potencia como uno elevaremos un peso ó venceremos una resistencia igual á 4.

* Por lo dicho anteriormente vemos que al girar el torno

una vuelta, la resistencia recorre el camino de la circunferencia de radio $o b$, y la potencia recorre en el mismo tiempo la circunferencia de radio $o a$, y como ésta es mayor que aquella, claro es que tendrá que marchar más de prisa la potencia que la resistencia. Si en la fórmula $\frac{P}{Q} = \frac{ob}{or}$ sustituimos en vez de ob y oa , radios, sus circunferencias respectivas, que como sabemos son proporcionales á sus radios, tendremos $\frac{P}{Q} = \frac{2\pi R}{2\pi r}$; siendo $r = ob$ y $R = oa$, de donde $P \times 2\pi R = Q \times 2\pi r$, pero el primer miembro de esta igualdad es el trabajo de la potencia, y el segundo miembro es el trabajo de la resistencia; luego el trabajo de la potencia es igual al trabajo de la resistencia, según sabemos ya de antemano.

Cuando el torno es portátil y la acción del manubrio no se comunica directamente al cilindro, sino que lo hace por intermedio de dos ó más ruedas de dientes de radios desiguales, tendremos el *torno de engranaje*, en el que la mesa está sustituida por dos bastidores ó montantes de hierro colado que se afirman sobre un cuadro de madera, y en el que la potencia queda sumamente favorecida por la causa antedicha, Fig. 75 b.

Como el *cabrestante* no es más que un torno colocado de modo que su eje sea vertical, todo lo dicho respecto al torno es aplicable é igualmente exacto para esta nueva máquina.

Para que su manejo sea facil y cómodo, se diferencia su construcción en varios detalles: en primer lugar, no es de tanta longitud su cilindro como en el torno; en segundo, la cigüeña se sustituye por cuatro ó más palancas dispuestas á modo de aspas, sobre las que ejerce su acción la fuerza motriz: en tercero, el armazón que sujeta los coginetes se coloca sobre el suelo, fijándolo inmóvil por medio de pesos, cuerdas ó estacas clavadas al suelo, Fig. 77.

Así como el torno se emplea comunmente para elevar pesos, el cabrestante se usa para mover estas resistencias en sentido horizontal ó poco inclinado.

LECCION XVI

Gras.—Cabeira.—Tornillo sin fin.—Criso

La cabeza es una máquina compuesta de un torno y de una polea fija...
La más sencilla consiste en tres montantes ó largueros de madera formando un triángulo, en cuyo vértice hay una polea fija. Hay por separado de estos montantes, bien sea de hierro ó de madera, un eje en el que se enrolla la cuerda, que pasando por la polea se eleva suspendido el otro extremo el peso que se trata de mover. Fig. 28.
Cuando el torno levanta sobre los montantes, se levanta por la cuerda suspendida, sino que inmediatamente a uno de los extremos del triángulo, ó á los dos á la vez, hay un rebordo saliente, al que se sujetan con varios cables los montantes, en los que se enrolla la cuerda para mover el torno.
La ventaja es más que una cabeza más sencilla, toda vez que se levanta el peso con un solo cable, lo que evita el uso de los montantes para dar apoyo á la cuerda, en vez de una simple polea fija en el vértice, según se advierte en la polea móvil, de cuya armadura se suspende el peso que se ha de elevar. El mecanismo de esta máquina es diferente en su construcción del de la cabeza, descansa en el suelo sobre un girador que se levanta.

LECCION XVI.

Grua.—Cábria.—Tornillo sin fin.—Cric.

La *cábria* es una máquina compuesta de un torno y de una polea fija.

La más sencilla consiste en tres montantes ó largueros de madera formando un trípode, en cuyo vértice hay una polea fija. Bien sea por separado de estos montantes, bien sea descansando sobre dos de ellos, hay un torno en el que se arrolla la cuerda, que pasando por la polea fija lleva suspendido al otro extremo el peso que se trata de elevar, Fig. 78.

Cuando el torno descansa sobre los montantes, no tiene, por lo regular cigüeñas, sino que inmediato á uno de los extremos del cilindro, ó á los dos á la vez, hay un reborde saliente, circular ó prismático, con varios agujeros equidistantes, en los cuales se entran las palancas que hacen girar al torno.

La *grua* no es más que una *cábria* más complicada, toda vez que en lugar de un torno sencillo lleva un torno compuesto ó de engranaje movido á brazo ó á vapor, y en vez de una simple polea fija en el vértice, suele llevar además otra polea movil, de cuya armadura se suspende el peso que se ha de elevar: el armazón de madera es diferente en su construcción del de la *cábria*; descansa en el suelo sobre un gorrón que le per-

mite girar á su al rededor para depositar en sitio conveniente los pesos que se mueven, Fig. 79.

Tanto una como otra pueden llevar, en vez de una sola polea, un polipastro, con lo cual se favorece más la potencia.

Si la grua es móvil descansa en una plataforma con ruedas y el giro lo hace sobre una rueda dentada, en vez de ser sobre gorrón, Fig. 80.

Cuando hablemos de los engranajes comprenderemos la razón de quedar tan favorecida la potencia en esta clase de máquinas.

El *cric* ó *gato* es una máquina que se compone de una barra dentada llamada *cremallera* ó de un tornillo y de una rueda de dientes que se hace girar por medio de un manubrio.

A cada vuelta de la rueda dentada se habrá elevado ó bajado esta cremallera una cantidad igual á la distancia correspondiente al número de dientes que posee la rueda, puesto que cada uno de los de ésta hace mover en el grueso de un diente á la cremallera, ó en un paso al tornillo, Fig. 81.

Para evitar que al cesar la acción de la potencia sobre el manubrio, la resistencia que se vence haga retroceder á la cremallera, hay otra rueda dentada fuera de la caja ó armazón del *cric*, en cuyos dientes entra una uña que impide su movimiento en retroceso.

El *cric* se afirma fuertemente sobre el suelo ó pared, y el extremo de la cremallera se aplica contra la resistencia que hay que vencer.

El *cric* se emplea para mover grandes pesos en pequeñas distancias, toda vez que su potencia es muy grande y el camino recorrido por la resistencia es muy pequeño.

Tornillo sin fin. Ya hemos dicho en geometría lo que es una hélice; pues bien, si hacemos ahora que un triángulo $b d e$,

Fig. 82, cuya base sea igual al paso de la hélice, se mueva colocado siempre en un plano diametral del cilindro, siguiendo todos los puntos de aquella curva $a b c d$, habremos engendrado una superficie curva, que es lo que se llama *tornillo triangular*, porque su *filete* ó polígono generador es un triángulo.

Si en vez de triángulo fuese el polígono generador un cuadrado ó un rectángulo, hubiéramos obtenido el tornillo de filete cuadrado ó rectangular.

Como en la hélice, se llama *paso* del tornillo á la distancia constante que hay entre dos espiras consecutivas, ó sea á la distancia que hay entre los puntos medios de dos filetes, ó lo que es lo mismo, á la suma de la altura de un filete y del claro que media con el siguiente.

Tuerca es una pieza hueca en cuya superficie cilíndrica interior tiene practicada una ranura, canal ó garganta en forma de hélice, completamente igual á la que existe en el tornillo, puesto que este tiene que introducir en ella una parte considerable de su filete.

De estas definiciones se deduce que cuando se hace fijo el tornillo ó la tuerca y hacemos girar al que queda libre, éste avanza en cada vuelta una cantidad que está en relación con el *paso*. Si suponemos fijo y vertical al tornillo, por ejemplo, y movemos circularmente la rosca, ésta subirá ó bajará á lo largo de aquél, según que el sentido del movimiento que se comunica á ésta sea igual ó contrario al de la hélice ó tornillo.

Si el movimiento comunicado á la tuerca ó al tornillo se hace por medio de palancas análogas á las que mueven el torno de la cábria ó al cabrestante, y disminuimos en lo posible el *paso*, haremos del tornillo una máquina muy á propósito para ejercer grandes presiones ó para elevar grandes pesos á cortas alturas. La prensa de tornillo ó husillo es un ejemplo de aquellos en que mayor utilidad presta el tornillo.

Si hacemos de modo que el filete de un tornillo engrane con los dientes de una rueda, de análogo modo al de un cric, habremos formado la máquina que se denomina *tornillo sin fin*. En este caso, la rueda hace el papel de tuerca, y es evidente que haciendo girar al tornillo por medio de un manubrio ó cigüeña, girará también la rueda dentada; pero así como al girar la tuerca sobre el tornillo llega un momento en que ésta ya no puede seguir girando porque ha alcanzado ya al extremo del tornillo, en el caso presente el movimiento de la tuerca ó sea rueda, es indefinido, por lo cual toma el calificativo de *sin fin*, Fig. 83.

Si suponemos, por ejemplo, que la rueda dentada tenga 20 dientes, la velocidad de marcha de la rueda será 20 veces menor que la del tornillo, puesto que á cada vuelta completa de éste sólo avanza un diente de la rueda; de modo, que la resistencia que se ha de vencer con la rueda dentada, exige una potencia 20 veces menor que la que habría que emplear si el mismo manubrio ó potencia se aplicase á la rueda directamente.

El tornillo sin fin se emplea para comunicar la rotación continua de un eje á otro perpendicular al primero y situado en plano distinto.

La cuña es un prisma triangular que tiene una de sus caras muy pequeña con relacion á las otras y que se denomina cabeza de la cuña. Las dos caras mayores se llaman caras de la cuña.

Si queremos hendir ó dividir un cuerpo lo haremos por medio de la cuña, aplicando una fuerza á su cabeza, por cuya acción la arista opuesta de la cuña penetra en el cuerpo que se quiere hendir produciendo su separación.

Si representamos á la cuña por su sección recta, que es un triángulo, generalmente isosceles, tendremos que *ab* será la base ó cabeza y caras ó lados los *ac* y *bc*, Fig. 84.

* En ella se verifica que $\frac{P}{Q} = \frac{ab}{ac + bc}$; es decir, que la potencia es á la resistencia como la cabeza de la cuña es á la suma de sus lados. Por consiguiente, para favorecer la potencia $P = \frac{ab}{ac + bc} Q$ hay que hacer que $\frac{ab}{ac + bc}$ disminuya y para ello hay que disminuir ab ó aumentar $ac + bc$, es decir, hacer más agudo el ángulo de la cuña, que es el opuesto á la base.

Por esta razón es por la que cuanto más agudas son las cuñas, tanto más fácilmente penetran en los cuerpos.

La cuña es una de las máquinas más universalmente extendida, porque si nos fijamos en que las hachas, picos, arados, clavos, navajas, etc., etc., son cuñas, comprenderemos hasta donde llega su general aplicación.

LECCION XVII.

**Movimiento.—Clasificación de las fuerzas.—Velocidad.—Masa.
—Cantidad de movimiento.—Trabajo.—Fuerza viva.—Efecto
util.—Rendimiento en las máquinas.**

Recordaremos que en la lección xii hemos dicho que *Movimiento* es el estado de un cuerpo que cambia de lugar: que *Movilidad* es la facultad que gozan los cuerpos de ocupar distintos lugares en el espacio: que *Reposo* es la permanencia en el lugar que ocupa, y que el movimiento ó reposo no puede considerarse nunca como absoluto, sino como relativo.

En la lección siguiente, xiii, hemos dicho lo que se entiende por *fuerza*, por *intensidad*, *dirección* y *punto de aplicación*.

Considerando en ésta y en las siguientes lecciones que las fuerzas no tienden á producir el movimiento, sino que efectivamente lo producen, podremos considerarlas divididas en cuanto á su duración, en *continuas* é *instantáneas*; en cuanto á su dirección é intensidad, en *constantes* y *variables*. Las definiciones de estas diferentes clases de fuerza son las que corresponden á las mismas palabras con que se enuncian.

Como el movimiento es la ocupación sucesiva de varios lugares del espacio, es evidente que esta sucesión de ocupación

exige un *tiempo* determinado, y para medir, para apreciar este tiempo, tenemos que convenir antes en que dos *tiempos son iguales cuando se emplean por un mismo cuerpo en recorrer espacios iguales en las mismas circunstancias*; por consiguiente, un tiempo es doble, mitad, triple... de otro, cuando el espacio recorrido en las mismas circunstancias sea doble, mitad, triple... de otro.

Si al moverse un cuerpo lo verifica de modo que siempre y en cada instante el movimiento sea el mismo, diremos que el cuerpo se mueve *uniformemente*; en el caso contrario, el movimiento es *variado*.

Es evidente que en el movimiento uniforme los espacios recorridos son proporcionales á los tiempos empleados en recorrerlos; es decir, *que en tiempos iguales recorre el cuerpo espacios iguales*.

La relación del espacio recorrido al tiempo empleado en recorrerle, ó sea el espacio recorrido dividido por las unidades de tiempo empleadas, es lo que se denomina *velocidad*, en el caso del movimiento uniforme, $v = \frac{e}{t}$: si hacemos que el tiempo sea igual á la unidad $t = s$, tendremos $v = e$, y definiremos la *velocidad en el movimiento uniforme, como el espacio recorrido en la unidad de tiempo*.

Si el movimiento fuera variado $v = \frac{e}{t}$ nos daría la *velocidad media durante todo el tiempo t* .

La experiencia nos enseña que un cuerpo en movimiento conserva sin alterar la *velocidad* y la *dirección* que posee, y que por tanto, para hacerle variar en una ó en otra es indispensable la presencia de una *causa extraña*. Esta propiedad, que es la *inercia de la materia*, da origen á las consecuencias siguientes: 1.º Si el movimiento de un cuerpo varía en su *velocidad* ó en su *dirección*, es porque una *fuerza nueva* obra so-

bre él: 2.º Si esta nueva fuerza cesase de repente, el movimiento volvería á ser uniforme y rectilíneo, desde este mismo instante: 3.º Si por causa de esta fuerza nueva el cuerpo describiese una línea curva cualquiera, al cesar esta fuerza repentinamente, el cuerpo seguirá el camino de la tangente á esta curva en aquel instante, puesto que la tangente y la curva tienen en aquel punto un elemento común rectilíneo.

Hemos dicho ya que es inercia y sabemos también que se manifiesta esta fuerza, por la resistencia que opone un cuerpo á cambiar de estado; pues esta resistencia que desaparece en cuanto se produce el cambio de estado, es lo que se denomina *reacción debida á la inercia*. No es posible demostrar la ley según la cual se desarrolla esta resistencia; pero su exactitud es tan indudable y tan comprensible, por la sola razón y por la observación de los fenómenos naturales, que desde luego se admite como axioma que, *la reacción es igual y contraria á la acción*.

Un solo ejemplo nos dará idea de esta nueva fuerza y de este principio: al disparar un tiro de fusil se ejerce un empuje sobre el hombro en dirección contraria é igual á la en que marcha la bala. Este empuje es la fuerza de reacción debida á la inercia.

Masa es la cantidad de materia que tiene un cuerpo; según esta masa sea mayor ó menor, así la resistencia debida á la inercia será mayor ó menor; y como no tenemos medios para determinar las masas absolutas de los cuerpos, de aquí el que las relaciones entre ellas ó sean las masas relativas, sean apreciadas por la diversa magnitud ó por la relación de estas resistencias: y por tanto, diremos que dos masas son iguales cuando lo son las reacciones instantáneas que ofrecen á un cambio de velocidad; que una masa es doble de otra cuando la reacción opuesta por aquella es doble de la de ésta.

Cuando en un cuerpo dado tomamos varias partes de su

masa de un mismo volúmen y todas ellas tienen el mismo peso y las mismas propiedades, diremos que el cuerpo es *homogéneo*, y en el caso contrario *heterogéneo*.

Por tanto, es evidente que *el peso de un cuerpo homogéneo es proporcional á su masa y á su volúmen*; es decir, que si para sostener un decímetro cúbico de agua, un litro, es necesario emplear un esfuerzo de un kilogramo, para sostener 2, 3, 4.... decímetros cúbicos de la misma agua, se necesitarán 2, 3, 4.... kilogramos.

En los cuerpos heterogéneos es también imprescindible admitir que sus pesos son proporcionales á sus masas, cualquiera que sea su naturaleza, puesto que la acción de la gravedad obliga por igual á todas las moléculas de todos los cuerpos.

Ya hemos dicho qué se entiende por *gravedad*, y cómo actúa esta fuerza sobre todas las moléculas de los cuerpos y sobre todos los cuerpos; pues bien, la resultante de todas las fuerzas de gravedad que actúan sobre todas las moléculas de un cuerpo es lo que se denomina *peso* de este cuerpo: luego este cuerpo, tenderá á caer con una fuerza determinada por el valor de su resultante, y por tanto, el valor ó medida de esta fuerza resultante, de este peso, será el de otra fuerza igual y contraria á esta resultante que le impida caer. Luego, los cuerpos se pesan midiendo los esfuerzos necesarios para que no caigan.

El punto de aplicación de esta fuerza resultante es lo que se llama *centro de gravedad* del cuerpo.

Como la masa es la cantidad de materia que encierra un cuerpo y todas las moléculas de esta materia están actuadas por la fuerza de la gravedad, que llamaremos g , el valor de esta resultante será la suma de todas las componentes, según sabemos, y por tanto, llamando M al número de moléculas que entran en el cuerpo, es decir, á su masa, y P á su peso, ten-

dremos que $P = Mg$ y $M = \frac{P}{g}$; es decir, que *el peso de un*

cuerpo es igual á su masa multiplicado por la gravedad, y que la masa de un cuerpo es igual á su peso dividido por la gravedad.

Si la masa de un cuerpo la multiplicamos por la velocidad que le comunica una fuerza que la mueve, obtendremos lo que se llama *cantidad de movimiento*, y si esto lo consideramos en un segundo ó instante de tiempo, tendremos que el valor de la fuerza ó su impulsión en cada instante, se medirá por la cantidad de movimiento; esto es, $F = M v$; siendo F la fuerza, M la masa y v la velocidad; pero en general, *impulsión* de una fuerza es el producto de su intensidad por el tiempo que dura su acción.

Se denomina *energía ó fuerza viva* el producto de la masa por el cuadrado de la velocidad; es decir, $M v^2$ ó $\frac{P}{g} v^2$.

Ya hemos dicho lo que se entiende por trabajo de una fuerza y qué significación ha de dársele en Mecánica, así como también hemos dejado sentado el principio de la igualdad del trabajo de la potencia y de la resistencia y cómo podemos favorecer á aquella.

Ahora debemos ocuparnos en la valoración ó medida de este trabajo, y como todas las medidas han de hacerse siempre por comparación con unidades convenientes elegidas de antemano, debemos ante todo escoger este tipo de comparación. La unidad de trabajo es la resistencia vencida para trasportar un kilogramo de peso á un metro de distancia en un segundo de tiempo, y se expresa en esta forma: 1 ^{km} un kilográmetro.

De modo, que para trasportar un peso de 50 kilogramos á 4 metros en un segundo, tendremos que emplear un trabajo de $50 \times 4 = 200$ ^{km}, doscientos kilográmetros.

Si la fuerza que trasporta al cuerpo fuese variable, en vez de ser constante como supone el caso anterior, entonces para determinar el trabajo de esta fuerza, habrá que considerar constante á la fuerza en espacios de tiempo sumamente pequeños,

calcular estos trabajos durante estos pequeños espacios y sumarlos todos para tener el trabajo total.

Para la apreciación de los trabajos ejecutados por grandes fuerzas, siendo muy pequeña la unidad kilográmetro, se emplea otra mayor denominada *caballo de vapor*, que no es más que 75 kilográmetros, ó sean 75 *kilógramos*, elevados á 1^m de altura en un segundo de tiempo.

De modo, que cuando decimos que una máquina desarrolla 20 caballos de fuerza, queremos indicar que el trabajo que desarrolla la máquina, es el que se necesitaría emplear para elevar á 1^m de altura en un segundo $75 \times 20 = 1\,500$ kilógramos, ó lo que es lo mismo, que el trabajo desarrollado por esta máquina es de 1.500 Kgm.

El siguiente cuadro enseña el trabajo que pueden desarrollar varios motores animados:

<p style="text-align: center;">MODO DEL EMPLEO ó NATURALEZA DEL MOTOR.</p>	<p style="text-align: center;">Peso. — <i>Kgm.</i></p>	<p style="text-align: center;">Velocidad.</p>	<p style="text-align: center;">Duración del trabajo en horas ó segundos.</p>	<p style="text-align: center;">Trabajo ejecutado. — <i>Kgm.</i></p>
<p>Un hombre accionando sobre una manivela de 0,35 á 0,50 de radio.</p>	<p style="text-align: center;">8</p>	<p style="text-align: center;">0,75</p>	<p style="text-align: center;">8^{h.} ó 28.800</p>	<p style="text-align: center;">172.800</p>
<p>Idem sobre un cabrestante.</p>	<p style="text-align: center;">12</p>	<p style="text-align: center;">0,60</p>	<p style="text-align: center;">Idem</p>	<p style="text-align: center;">207.360</p>
<p>Un caballo marchando al paso.</p>	<p style="text-align: center;">45</p>	<p style="text-align: center;">0,90</p>	<p style="text-align: center;">Idem</p>	<p style="text-align: center;">1.166.400</p>
<p>Idem id. al trote..</p>	<p style="text-align: center;">30</p>	<p style="text-align: center;">2,00</p>	<p style="text-align: center;">4,5 ó 16.200</p>	<p style="text-align: center;">972.000</p>
<p>Una mula al paso.</p>	<p style="text-align: center;">30</p>	<p style="text-align: center;">0,90</p>	<p style="text-align: center;">8^{h.} ó 28.800</p>	<p style="text-align: center;">777.600</p>
<p>Un burro id.</p>	<p style="text-align: center;">14</p>	<p style="text-align: center;">0,80</p>	<p style="text-align: center;">Idem</p>	<p style="text-align: center;">322.600</p>
<p>Un buey id.</p>	<p style="text-align: center;">60</p>	<p style="text-align: center;">0,60</p>	<p style="text-align: center;">Idem</p>	<p style="text-align: center;">1.036.800</p>

Hemos dicho, que el trabajo efectuado por la potencia de una máquina ó de una fuerza se descompone en dos sumandos, uno que es el trabajo útil y otro que es el trabajo de las resistencias pasivas; pues bien, la relación ó razón entre el trabajo útil y el trabajo motor ó de la potencia, ó sea $\frac{\text{trabajo útil}}{\text{trabajo motor}}$ es lo que se denomina *rendimiento de una máquina*. Este rendimiento, en las máquinas más perfeccionadas, alcanza á 0,80 del trabajo motor: claro es, por lo demás, que el trabajo consumido por las resistencias pasivas es 0,20 que le falta á aquella cifra para valer el trabajo motor que se considera como uno.

Siendo evidente que cuanto menor sea el trabajo consumido por las resistencias pasivas, tanto mayor es el rendimiento, y dependiendo este trabajo de las resistencias, entre otras cosas, del número de *sus órganos comunicadores* es evidente también, que para conseguir este aumento de rendimiento conviene mucho disminuir en lo posible y hasta reducir al minimum el número de estos comunicadores, no empleando nunca más que aquellos cuya presencia se encuentre completamente justificada.

Es evidente que el movimiento variado y los golpes ó choques, cuando ni uno ni otros son necesarios, es otra de las causas más poderosas que disminuyen el rendimiento de una máquina, porque con el uno y con los otros hay que vencer repetidamente la fuerza de inercia de las masas puestas en movimiento, aparte del riesgo de rotura ó deformación que corren todos los órganos. El maximum de rendimiento lo producirá la máquina cuando su movimiento sea uniforme, porque entonces, tanto la potencia como las resistencias, obran continuamente con la misma intensidad; las piezas ú órganos actúan siempre en las mismas condiciones, reciben y transmiten cantidades de trabajo constantemente iguales, y el equilibrio en cada una de las piezas y en toda la máquina es permanente.

LECCION XVIII.

Movimiento uniforme.—Variado.—Rozamiento por resbalamiento y por rotación.—Medios para disminuirlos.

Hemos dicho, que cuando un cuerpo puesto en movimiento recorre en tiempos iguales espacios ó caminos iguales, cualesquiera que sean aquellos espacios de tiempo, este cuerpo está dotado de un *movimiento uniforme*, y que cuando esto no sucede así, el cuerpo marcha con *movimiento variado*.

Si un cuerpo recorre en espacios de tiempo iguales caminos iguales, pero de modo que en cada uno de estos espacios de tiempo los caminos recorridos no son exactamente iguales para cada una de las fracciones de tiempo que queremos considerar, el movimiento no será uniforme, sino *periódico*, porque de tiempo en tiempo ó periódicamente posee los mismos valores. Así, por ejemplo, un tren que marcha con la velocidad de 30 kilómetros por hora, no tiene movimiento uniforme, por más que en dos, tres... horas recorra 60, 90. . kilómetros, puesto que dentro de esa hora el tren tiene velocidades muy distintas en los momentos de arranque, parada, pendientes, curvas y trayectos horizontales.

Ya hemos dicho, que en el movimiento uniforme se entiende por *velocidad el espacio recorrido en un segundo*; pero si el

movimiento es variado, la definición de velocidad es distinta.

En el *movimiento variado* se entiende por *velocidad*, la que en aquel instante que se considera tomaría el cuerpo si se conservase la velocidad que en aquel momento tiene; es decir, lo que tendría el cuerpo si en aquel instante se trasformase su movimiento variado en uniforme. Por ejemplo; una velocidad de 10 metros en movimiento variado, no supone que el cuerpo recorra 10 metros p. r segundo, sino que aunque venga recorriendo en unos segundos 5 metros, en otros 8, en otros 10 y en otros 15, es la de 10 metros si en el momento en que se considera el movimiento continuase uniforme con la de 10 metros que tenía en aquel instante.

Este movimiento variado es *acelerado* cuando la velocidad aumenta, y *retardado* cuando disminuye. La cantidad en que aumenta ó disminuye en cada unidad de tiempo, se llama *aceleración del movimiento*. Si esta aceleración es en el mismo sentido que la *velocidad inicial*, es decir, que aquella que posee el cuerpo en el momento en que actúan sobre él las fuerzas, el movimiento es *uniformemente acelerado*, y si obra en sentido contrario, es *uniformemente retardado*, porque en el primer caso esta aceleración entra como sumando, y en el segundo como sustraendo.

Cuando las fuerzas actúan sobre un cuerpo sujeto á girar al rededor de un punto ó de un eje, el movimiento que se origina es de *rotación*, en el cual todas las partes del cuerpo describen circunferencias proporcionales á sus distancias al centro ó eje de rotación.

Si en un cuerpo sometido á este movimiento consideramos un radio cualquiera, este tomará distintas posiciones en los distintos momentos del movimiento, formando ángulos diferentes y describiendo por todos sus puntos arcos de círculo distintos; pues bien, cuando estos ángulos ó estos arcos sean iguales en espacios de tiempo cualesquiera iguales, el movi-

miento de rotación será *uniforme*, y sus *velocidades*, que no son más que las longitudes de los arcos descritos ó recorridos, serán proporcionales á sus radios respectivos.

Si en este cuerpo que gira tomamos un punto cuyo radio sea la unidad de longitud, por ejemplo, un metro, tendremos que la velocidad de este punto es lo que se denomina *velocidad angular* del cuerpo. La expresión de esta velocidad es

$$V' = \frac{2 \pi n}{60} = \frac{\pi n}{30},$$

porque siendo n el número de vueltas que da el cuerpo en un minuto, $2 \pi n$ será el espacio recorrido en éste tiempo, ó sea la velocidad por minuto; y para tenerla por segundo bastará dividir por 60.

Por esta fórmula vemos que la velocidad angular no depende más que del número de vueltas ó revoluciones que dé el cuerpo, y por tanto, puede decirse que con este se expresa aquella. Así se dice que un cuerpo da 200 vueltas por minuto,

para significar que su velocidad angular es $V' = \frac{3.14 \times 200}{30} = 20,93$ metros.

Es evidente que conociendo la velocidad de un punto cualquiera de un cuerpo en rotación, se conocerá la velocidad angular de este cuerpo, toda vez que los arcos son proporcionales á sus radios: así, si un punto de un cuerpo situado á 3 metros del eje de giro tiene una velocidad de 6 metros, diremos que la velocidad angular es

$$\frac{V}{V'} = \frac{R}{R'} \quad \text{ó sea} \quad \frac{6}{V'} = \frac{3}{1} \quad \text{ó} \quad 6 = 3 V' \quad \text{y} \quad V' = \frac{6}{3} = 2^m.$$

Del mismo modo, sabiendo la velocidad angular ó el número de vueltas, sabremos la velocidad de un punto cualquiera de un cuerpo.

Si queremos averiguar la velocidad que tiene un punto de un cuerpo situado á 2 metros del eje, cuando gira 200 vueltas por minuto, ó sea cuando su velocidad angular es 20,93 me-

tros, diremos: $\frac{V}{V'} = \frac{R}{R'}$; $\frac{V}{20,93} = \frac{2}{1}$; $V = 2 \times 20,93 = 41,86$
metros.

Rozamiento es la resistencia que encuentra un cuerpo al moverse sobre otro: la fuerza necesaria para vencer esta resistencia es la medida de este rozamiento.

Esta resistencia hay que considerarla compuesta de dos partes: una, *la adherencia*, es la resistencia que ofrecen dos cuerpos á separarse uno de otro cuando sus caras de contacto se han cubierto de un cuerpo graso; y otra, que es la resistencia que ofrecen los cuerpos á separarse por virtud del acoplamiento ó engrane de los puntos salientes de una superficie de contacto con los entrantes de la otra, por efecto de la porosidad de la materia.

La primera, como no depende más que del número de puntos que hay en contacto, es decir, de la extensión de las superficies, será proporcional á estas mismas; y la segunda, que depende esencialmente del peso del cuerpo ó presión ejercida sobre él, según lo demuestra la experiencia, será proporcional á este peso ó presión.

La pequeñez del valor de la primera de las partes en que hemos considerado dividido el rozamiento, hace que se desprecie en las aplicaciones industriales y que se considere como el verdadero rozamiento á solo la segunda de ellas.

Este rozamiento puede ser de dos clases, por *resbalamiento* ó por *rotación* ó *rodadura*.

El rozamiento por resbalamiento sobre un plano horizontal se puede medir fácilmente por un dinamómetro atando el cuerpo á uno de los ganchos y tirando del otro gancho con movimiento uniforme: la división del dinamómetro marcada por su índice, acusará la magnitud en peso de este rozamiento. Por este ú otros procedimientos se han determinado las leyes de

este rozamiento por resbalamiento, que són: 1.^a *Es independiente de la magnitud de las superficies de contacto.* 2.^a *Es independiente de la velocidad del movimiento.* 3.^a *Es proporcional á la presión normal ó perpendicular á la cara de contacto.*

La relación entre el rozamiento y la presión se denomina *coeficiente de rozamiento*, y se designa por f . Este coeficiente es constante en cada una de las diversas clases de sustancias, por ejemplo: entre metales es 0,18; entre maderas 0,45; entre maderas y metales 0,62.

Por medio de este coeficiente podremos determinar el valor del rozamiento en cualquier caso en que se conozca la presión. Así, por ejemplo, dos kilogramos de hierro resbalando sobre una mesa de madera, producen un rozamiento de $F = P f$, puesto que $f = \frac{F}{P}$ ó sea $F = 2 \times 0,62 = 1,24$ kilogramos.

En este ejemplo vemos que este rozamiento es una de las resistencias que alcanzan gran valor en detrimento de la potencia, y que por tanto es muy necesario disminuirlo en todo cuanto sea posible.

En primer lugar, se han de pulimentar hasta el mayor grado de perfección las superficies que rozan; porque de este modo los puntos entrantes y salientes se habrán reducido al minimum. En segundo lugar, deben lubricarse estas superficies, es decir, deben barnizarse ó cubrirse de materias grasas para que el contacto se verifique sólo por la intermisión de estas sustancias. Y en tercer lugar, debe procurarse que la temperatura ó grados de calor de estas caras que rozan no sea muy grande ni muy pequeña, porque sino la materia sufre dilataciones y contracciones que producen aumentos de presión en el primer caso y choques en el segundo, y porque las materias grasas pierden su untuosidad; de 10° á 20° es la temperatura más conveniente.

El rozamiento por *rodadura ó rotación* se verifica cuando

uno de los cuerpos, en vez de resbalar sobre el otro, rueda sobre él.

Su valor se puede determinar, como ya hemos dicho, por el dinamómetro ó por el coeficiente de rozamiento, que en este caso tendrá valores distintos del anterior.

Las leyes de este rozamiento son: 1.^o *Es proporcional á la presión.* 2.^o *Es inversamente proporcional al radio del cuerpo que rueda.*

Este rozamiento es más pequeño siempre que el anterior; porque en él obra la potencia con el auxilio de una palanca de segundo género, cuyo brazo de potencia es el radio del cuerpo que rueda, y la resistencia es casi nula, porque no es más que la profundidad en que se deforman los cuerpos en contacto, y esta es casi inapreciable.

Así lo comprende todo el mundo cuando sustituye siempre al primero con el segundo en el movimiento de los cuerpos. Al tener que trasladar un peso de un punto á otro, no se hace obligándole á resbalar, sino que se coloca sobre rodillos ó ruedas para obtener este segundo rozamiento y desechar el primero, y además se procura que estos rodillos ó ruedas tengan el mayor diámetro posible, porque cuanto mayor sea éste, tanto menor es el rozamiento, y por consiguiente, tanto mayor la velocidad ó potencia para el movimiento.

Cuando por el contrario, se desea un rozamiento poderoso, se cambia el rozamiento de rodadura en rozamiento por resbalamiento por medio de los frenos, que puestos en acción fijan el movimiento de rotación de los rodillos ó ruedas, haciéndolos resbalar.

Los mismos medios antes dichos son los que deben también usarse para disminuir este rozamiento todo lo posible.

LECCION XIX.

Gravedad.—Su ley.—Acción é igualdad de la gravedad.—

Péndulo.

Hemos dicho, que *gravedad* es la propiedad que tienen los cuerpos abandonados á sí mismos en el espacio de dirigirse al centro de la tierra, es decir, de *caer*.

Si observamos el movimiento de un cuerpo que cae, veremos que la velocidad va aumentando á medida que aumenta el tiempo que tarda en acabar de caer, siendo, por tanto, variado su movimiento.

Hemos dicho también, que esta fuerza es constante y que obra por igual sobre todos los cuerpos; de modo, que para deducir sus leyes, será indiferente que se haga el estudio sobre un cuerpo cualquiera en condiciones indeterminadas.

Por medio de diferentes máquinas se han determinado estas leyes, que son: 1.^a *Los espacios recorridos son proporcionales á los cuadrados de los tiempos empleados en recorrerlos.* 2.^a *La velocidad adquirida en un momento cualquiera es proporcional al tiempo trascurrido desde el principio del movimiento.* Es por consiguiente un movimiento uniformemente acelerado el que la gravedad comunica á los cuerpos libres sometidos á su acción. 3.^a *La velocidad adquirida después de un segundo de caída, es doble del espacio recorrido durante este segundo.*



* Estas leyes se expresan por fórmulas cuyo conocimiento es indispensable, y que por tanto hemos de expresar con la sencillez posible:

* Si llamamos g á la velocidad adquirida por un cuerpo que cae libremente por la acción de la gravedad, despues del primer segundo de caída, tenemos por la segunda ley que al final de los dos segundos, la velocidad es $2g$, al final de los tres segundos $3g$, al final de los cuatro segundos $4g$ y al final de t segundos gt ; es decir, que designando por v la velocidad adquirida $v = gt$.

* Por la tercera ley sabemos que el camino recorrido durante el primer segundo será mitad de la velocidad g adquirida al final de este primer segundo: pero por virtud de la primera ley el camino recorrido durante los dos primeros segundos, los tres segundos... los t segundos será $\frac{1}{2}g \times 4$, $\frac{1}{2}g \times 9$... $\frac{1}{2}g t^2$, luego si representamos por h este camino recorrido, al cabo de t segundos tendremos $h = \frac{1}{2}g t^2$, de donde $2h = g t^2$

$$y t^2 = \frac{2h}{g}$$

* Tenemos la fórmula anterior $v = gt$, y elevándola al cuadrado $v^2 = g^2 t^2$, y sustituyendo en vez de t^2 el valor que acabamos de obtener, será $v^2 = g^2 \frac{2h}{g}$ ó $v^2 = \frac{2g^2 h}{g}$ y dividiendo los dos términos del quebrado del segundo miembro por g , quedará $v^2 = 2gh$ ó $v = \sqrt{2gh}$

* Con esta fórmula encontraremos la velocidad que debe adquirir un cuerpo al caer de una altura dada h , siempre que conozcamos el valor de g . Este valor de g se determina por la fórmula anterior $h = \frac{1}{2}g t^2$, haciendo caer libremente un cuerpo pesado como plomo, hierro, etc., desde una altura grande, como la de una torre; contando los segundos que tarda en caer y midiendo la altura de la torre. De este modo conocemos h y t ,

y por consiguiente, sustituyendo en la fórmula indicada, nos dará el valor de g .

Este valor es $g = 9,81$ metros.

Conocido ya este valor, podremos hallar la velocidad que tiene un cuerpo al caer libremente de una altura dada, 100 metros, por ejemplo, con sólo sustituir g por 9,81, h por 100 en la fórmula $v = \sqrt{2gh} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 100} = 44,29$ metros.

Cuando un cuerpo pesado se lanza verticalmente al espacio, sube hasta una altura que está en relación con la impulsión que se le ha comunicado. A medida que se va elevando, va disminuyendo su velocidad, hasta que por último se anula ésta, se para el cuerpo y comienza á descender, recorriendo el mismo camino, pero con velocidades crecientes.

En el momento de su bajada, en que pasa por el punto en que comenzó á subir, tiene el cuerpo exactamente la misma velocidad que tenía al empezar su ascensión; por consiguiente, la misma fórmula $v = \sqrt{2gh}$, nos servirá para determinar la altura á que se elevará verticalmente un cuerpo sometido á una fuerza de impulsión conocida.

En la lección xvii hemos dicho que *centro de gravedad* de un cuerpo es el punto de aplicación de la resultante de todas las fuerzas de gravedad que obran sobre todas las moléculas del cuerpo, ó sea el peso del cuerpo. Luego el centro de gravedad del cuerpo es el punto en que se considera concentrado y aplicado todo el peso del cuerpo.

Para hallar experimentalmente este centro de gravedad, suspenderemos el cuerpo por una cuerda, formando una plomada, con lo cual habremos determinado en esta posición del cuerpo la posición de la resultante ó de la gravedad, toda vez que estará en dirección igual y contraria á la del hilo ó plo-

mada. Si repetimos esta operación colgando el cuerpo por otro punto distinto, tendremos otra posición distinta de la resultante en la prolongación de esta nueva posición de la cuerda; luego el punto de intersección de estas dos resultantes será el centro de gravedad del cuerpo. Si determinamos la resultante en una tercera, cuarta... posición, todas ellas pasarán por este centro, puesto que el punto de aplicación de una fuerza es uno sólo, y por esta razón, para determinar este punto con mayor exactitud, no se hace esta operación dos veces solas, sino que se repite por lo ménos tres veces.

Si colocamos un cuerpo sobre un plano horizontal y levantamos á éste por uno de sus extremos, haciendo que forme un ángulo más ó menos agudo con el horizonte, formando lo que se llama un *plano inclinado*, veremos que al llegar éste á cierta posición el cuerpo cae resbalando ó rodando sobre el plano.

Para evitar que este cuerpo caiga resbalando ó girando, podemos aplicarle una fuerza P , paralela al plano inclinado AB , contrario á la dirección del movimiento é igual á su intensidad, Fig. 85. Es preciso, por consiguiente, determinar el valor de P .

* El cuerpo está sometido á la acción de la gravedad, que es la fuerza ga , aplicada en su centro de gravedad g , y sabemos que podemos descomponer la fuerza ga en otras dos que sean, una perpendicular gb y otra paralela ba al plano AB : la gb es la que apoya el cuerpo sobre el plano y produce el rozamiento, quedando destruido por éste y por la inmovilidad del plano; la ab , obrando en sentido del plano, es la que hace rodar ó resbalar el cuerpo, y por consiguiente, para impedir esto, para conseguir el equilibrio, es preciso que $P = ab$.

Pero si consideramos que los triángulos ABC y abg son semejantes por tener sus ángulos iguales, tendremos que $ab : ga :: BC : BA$, ó sea componente paralela : peso del cuer-

po :: altura del plano inclinado á la longitud del prisma, es decir: que si llamamos g al peso del cuerpo, $g a$; g' á la componente paralela ab ; a á la altura del plano inclinado, y l á su longitud $A B$, tendremos: $g' : g :: a : l$, de donde $g' = g \frac{a}{l}$.

O lo que es lo mismo, que si la altura del plano inclinado es $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{100}$... de su longitud, la fuerza necesaria para evitar que el cuerpo caiga será $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{100}$... del peso del cuerpo.

Si dejamos caer un cuerpo libremente por un plano inclinado, las mismas fórmulas obtenidas para la caída de los cuerpos en general, se podrán aplicar á este caso, con solo sustituir g por su valor actual $g' = g \frac{a}{l}$; así es que tendremos

$V = \sqrt{2 g' h} = \sqrt{2 h g \frac{a}{l}}$ y como $l = h v = \sqrt{2 g a}$, que es la misma fórmula anterior, puesto que h en aquella es lo mismo que a en esta. Esto nos dice que la velocidad en el descenso por un plano inclinado, está en relación con la altura de éste y no con su longitud, y que esta velocidad es la misma que tendría el cuerpo si cayera verticalmente en la altura del plano inclinado.

Una plomada que tiene fijo á un punto el extremo libre de su hilo, se denomina *péndulo*. El cuerpo pesado que hay al otro extremo del hilo, estará en reposo ó equilibrio cuando se halle en la vertical del hilo, porque su peso queda destruido por la fuerza del hilo; pero si se le separa de esta posición a y se le lleva á la b , Fig 86, el equilibrio deja de existir, porque el cuerpo, sometido á la acción de la gravedad bg , no está en dirección, y por consiguiente contrarestada por la acción del hilo ob , y el cuerpo cae girando al rededor de o con movimiento acelerado, debido á la gravedad; pero al llegar al punto a , el cuerpo se encuentra animado de una velocidad correspon-

diente á la altura de b sobre a , y en su virtud, subirá por ac con un movimiento retardado hasta llegar á c , que estará á igual altura sobre a que b .

Repítese en c el mismo fenómeno, y el cuerpo descenderá hasta a para volver á ascender hasta b , y así sucesivamente, si el rozamiento en el punto o y la resistencia del aire no se opusiesen á la continuidad de este movimiento. El arco bc es la *amplitud* de la oscilación.

Si tomamos péndulos cuyos hilos tengan sus longitudes en la relación 1, 4, 9, etc., y los movemos todos á la vez, veremos que las duraciones de las oscilaciones estarán en la relación de los números 1, 2, 3, etc., ó lo que es lo mismo, que el número de oscilaciones estará en razón inversa de estos números 1, 2, 3, etc.; es decir, que el 3.º dará una oscilación mientras el 1.º da tres; que el 2.º dará una oscilación mientras el 1.º da dos. Es decir, que *la duración de las oscilaciones son directamente proporcionales á las raíces cuadradas de las longitudes de los péndulos, ó que los números de las oscilaciones están en razón inversa de la raíz cuadrada de las longitudes de los péndulos.*

Como en estos péndulos no hemos impuesto condición alguna, respecto á la naturaleza y cantidad de la materia pesada que forma la plomada, porque el valor de la gravedad es el mismo para todos los cuerpos, pudiendo ser, por tanto, una de ellas de madera, otra de corcho, otra de plomo, etc., diremos que *para la duración y número de las oscilaciones es indiferente la sustancia con que se formen los péndulos, con tal que tengan la misma longitud sus hilos.*

LECCION XX.

Choque.—Sus leyes.—Movimiento circular.—Fuerza centrífuga y centripeta.

Cuando un cuerpo que está en reposo ó con un movimiento dado, se encuentra bruscamente con otro que está animado de un movimiento distinto á éste, se verifica un *choque*, quedando modificados los movimientos ó estados de ambos cuerpos.

Para apreciar las circunstancias del choque, supongamos dos cuerpos esféricos *A* y *B*, que se mueven en el mismo sentido, y que el *B* tenga mayor velocidad que el *A*. En el momento del choque se verifica un desplazamiento ó cambio de lugar de las moléculas de los cuerpos próximos al punto en que se encuentran, ó sea al punto de contacto, produciéndose en ellos una depresión ó impresión; pero por causa de la resistencia que las moléculas presentan á este cambio de lugar, el movimiento de los dos cuerpos quedará alterado, perdiendo velocidad el *B* y ganando el *A*, de tal modo, que al cabo de cierto tiempo los dos cuerpos *A* y *B* tendrán velocidades iguales.

Si los cuerpos no son elásticos, seguirán moviéndose desde aquel momento uno al lado de otro y sin ejercer acción alguna entre sí; pero si los cuerpos fuesen elásticos, al tender las

moléculas desplazadas á recuperar su primitiva posición, haciendo desaparecer las depresiones formadas antes, los cuerpos se alejarán uno de otro hasta que cese la acción de las dos fuerzas contrarias que ocasionan esta separación; á partir de cuyo instante los cuerpos continúan moviéndose con velocidades distintas; la de B menor que era antes del choque, y la A mayor que la que tenía antes de este momento, y separándose cada vez más.

Estos cambios en las velocidades de los cuerpos dependen de sus respectivas masas, porque, en efecto, la cantidad de movimiento antes y después del choque tiene que ser la misma; luego $m v + m' v' = (m + m') u$, toda vez que los cuerpos siguen unidos después del choque; de donde la velocidad después del choque en los cuerpos no elásticos es

$$u = \frac{m v + m' v'}{m + m'}$$

Aquí vemos que si uno de los cuerpos está en reposo, es decir, $v = 0$, y los dos tienen masas iguales $m = m'$, será

$$u = \frac{m' v'}{2 m'} = \frac{v'}{2},$$

lo que nos dice que cuando dos cuerpos no elásticos, de masas iguales, chocan estando uno de ellos en reposo, los dos se mueven después del choque con una velocidad mitad de la que tenía el cuerpo en movimiento.

Si las masas son iguales y las velocidades también iguales, pero en sentido contrario, $v = v'$, será $u = \frac{0}{2} = 0$, es decir, que los dos cuerpos se quedan en reposo.

De modo, que suponiendo dos cuerpos no elásticos A y B , que la masa del primero sea tres veces mayor que la del segundo, que la velocidad del A sea 5 metros y la del B 13 metros, tendremos que la velocidad de ambos cuerpos después del choque, marchando en un mismo sentido, será

$$u = \frac{3 \times 5 + 1 \times 13}{3 + 1} = \frac{28}{4} = 7 \text{ metros.}$$

Si los cuerpos marchasen en sentido contrario, sería

$$u = \frac{3 \times 5 - 1 \times 13}{3 + 1} = \frac{3}{4} \text{ metros.}$$

Es evidente que en este choque habrá habido pérdida de fuerza viva por causa de la depresión producida, y su valor será la diferencia que resulte entre las fuerzas vivas de los dos cuerpos antes del choque y la que resulte después del choque, luego *

$$f = m v^2 + m' v'^2 - (m + m') u^2,$$

de donde se deduce que

$$f = m (v - u)^2 + m' (u - v')^2 *$$

y como $v - u$ y $u - v'$ son las velocidades perdidas por m y ganadas por m' , tendremos que la pérdida de fuerza viva será igual á la suma de las fuerzas vivas perdidas ó ganadas por los cuerpos.

* Si los cuerpos marchasen en sentido contrario, sería
 $f = m (v - u)^2 + m' (u + v')^2.$

* Si en vez de u sustituimos su valor antes hallado, tendremos para el primer caso $f = \frac{m m' (v - v')^2}{m + m'}$ y para el segundo

$$f = \frac{m m' (v + v')^2}{m + m'}$$

En donde se vé que la pérdida de fuerza viva es mayor en el caso de marchar los cuerpos en sentido contrario.

* Sumando y restando al segundo miembro de esta igualdad $(m + m') u^2$. será $f = m v^2 + m' v'^2 - (m + m') u^2 + (m + m') u^2 - (m + m') u^2$ ó $f = m v^2 + m' v'^2 + (m + m') u^2 - 2 (m + m') u^2$ y po-

niendo en este último término en vez de una u su valor $u = \frac{m v + m' v'}{m + m'}$ será

$$f = m v^2 + m' v'^2 + (m + m') u^2 - 2 (m + m') u \frac{m v + m' v'}{m + m'}$$

y $f = m v^2 + m' v'^2 + m u^2 + m' u^2 - 2 m u v - 2 m u v'$, ó sea

$$f = m (v^2 - 2 u v + u^2) + m' (v'^2 - 2 u v' + u^2); \text{ ó}$$

$$f = m (v - u)^2 + m' (u - v')^2.$$

Esto nos enseña cuán importante es evitar que en las máquinas se produzcan choques inútiles, porque esta pérdida de fuerza viva representa un trabajo completamente perdido, á más del perjuicio que con la deformación sufren los cuerpos y los cambios que sufren las velocidades.

* Si los cuerpos fuesen elásticos, la reacción producida por la elasticidad, según hemos dicho antes, dará lugar á dos velocidades u' y u'' , contrarias á las que los cuerpos tienen, y cuyos valores vamos á determinar.

* El primer cuerpo habrá perdido una velocidad $v - u$ y el segundo habrá aumentado la suya en $u - v'$: al tener lugar la reacción, las velocidades serán

$$u' = u - (v - u) \text{ y } u'' = u + (u - v'), \text{ ó sea}$$

$$u' = 2u - v - u' = 2u - v', \text{ y poniendo en vez de } u \text{ su valor}$$

$$\frac{m v + m' v'}{m + m'} \text{ será}$$

$$u' = 2 \frac{m v + m' v'}{m + m'} - u = \frac{2 m v + 2 m' v' - m v - m' v}{m + m'} \quad 6$$

$$u' = \frac{m v' - m' (2 v' - v)}{m + m'} \text{ y del mismo modo}$$

$$u'' = \frac{m' v' + m (2 v - v')}{m + m'}$$

* Si los cuerpos marchasen en sentido contrario, cambiaríamos el signo de una de las velocidades en estas fórmulas.

* Si en ellas hacemos $m = m'$, tendremos $u' = v'$ y $u'' = v$; es decir, que los cuerpos cambian sus velocidades.

* Si $m = m'$ y $u' = 0$ será $u' = 0$ y $u'' = v$; es decir, que cuando un cuerpo elástico en reposo es chocado por otro, aquél se mueve con la velocidad de éste y éste queda parado.

* La fuerza viva perdida en el choque de cuerpos elásticos será $m u'^2 + m' u''^2 = m (2u - v)^2 + m' (2u - v')^2 = m v^2 + m' v'^2$; es decir, que no hay pérdida alguna de fuerza

viva: pero este caso tiene muy poco valor real en la práctica, porque son muy reducidos y de limitadas aplicaciones los cuerpos que pueden considerarse como perfectamente elásticos.

Cuando el choque no es central, sino oblicuo, es decir, que no se verifica en la línea de los centros, las direcciones de las velocidades sufren un desvío que depende del ángulo que forma la velocidad del cuerpo chocante con la línea de los centros. De modo, que si el cuerpo B , Fig. 87, choca al A con la velocidad CB , esta fuerza CB se descompone según el paralelogramo de las fuerzas, en otras dos, una la BA en el sentido de la línea de los centros, y otra la BD , perpendicular á ésta. De modo, que el cuerpo B marchará en la dirección BD , y con la velocidad correspondiente á la fuerza BD , y el cuerpo A caminará en la dirección BA con la velocidad BE .

Cuando el cuerpo choca oblicuamente contra un plano, se descompondrá su velocidad del mismo modo en dos componentes, una perpendicular y otra paralela al plano, OB y OC , Fig. 88; la primera OB , por razón de la elasticidad, no queda destruida, sino que reaparece con su misma intensidad en dirección contraria OB' , y el cuerpo estará solicitado por las dos fuerzas OB' y OC , que compuestas nos darán la resultante OD , que nos marcará la dirección é intensidad de la velocidad después del choque. Los triángulos $O A' B$ y $O B' D$ son iguales por tener dos lados iguales; luego el ángulo $A' O B$ es igual al $D O B'$, y como $A' O B = B' O A$, será $D O B' = B' O A$; éste se llama ángulo de incidencia y aquél de reflexión, luego el *ángulo de incidencia es igual al de reflexión*.

Cuando las fuerzas que actúan sobre un cuerpo se suponen constantes en su dirección y en su magnitud, hemos dicho que el cuerpo sigue la dirección de su resultante, engendrándose así un movimiento *rectilíneo*. Pero cuando estas fuerzas cambian su dirección á cada paso, resulta que el cuerpo varía

también á cada instante la dirección de su movimiento, y este se convierte en *curvilíneo*. Lo mismo sucede cuando una cualquiera de las fuerzas que actúan sobre el cuerpo aumenta ó disminuye su valor.

Cuando á una plomada sujeta á un punto por el extremo libre del cordón, la hacemos girar describiendo círculos completos, vemos que el hilo se atiranta tanto más cuanto más rápido es el movimiento, hasta que éste lo es tanto que el cordón se rompe y el cuerpo se sigue moviendo con gran velocidad, según una línea recta tangente á la circunferencia, en el punto correspondiente al momento de rotura del cordón: fenómeno análogo al producido por una piedra arrojada por una honda.

Este hecho tiene su explicación en la tendencia del cuerpo á moverse á cada instante en línea recta, según la dirección del movimiento que tenía en el instante anterior, y como no es posible que el cordón se mueva circularmente sin ejercer sobre él una fuerza de tracción dirigida hácia el centro, es claro que esta fuerza de tracción será originada por la reacción del cuerpo atado.

Este modo de obrar del cuerpo es constante durante todo su movimiento giratorio, y es como si estuviera solicitado constantemente por una fuerza que le aleja del centro del movimiento. Esta fuerza recibe el nombre de *centrífuga*.

Esta fuerza tiene por dirección la del radio que describe el cuerpo; y siendo constante en su acción, es por consiguiente aceleratriz; pero su acción queda á cada momento destruida por la resistencia que ofrece el cordón. Apesar de ser aceleratriz, el movimiento del cuerpo en la circunferencia descrita no es acelerado, sino uniforme, y esto se explica, porque la fuerza centrífuga es constantemente normal al elemento de círculo descrito, y por tanto, la velocidad que tiende á imprimirle en su dirección, no puede modificar la que tenía el cuerpo antes de este instante, es decir, su velocidad inicial.

El valor de esta fuerza centrífuga se determina por las fórmulas $f = \frac{4 \pi^2 r m}{t^2}$ ó $f = \frac{v^2}{r}$; en la que m == masa del cuerpo, r == radio de la circunferencia descrita, y t == tiempo tardado en recorrer una circunferencia.

En esta fórmula vemos que la fuerza centrífuga es *proporcional á la masa del cuerpo, proporcional al radio del círculo descrito, proporcional al cuadrado de la velocidad é inversamente proporcional al cuadrado del tiempo empleado en recorrerle, é inversamente proporcional al radio del círculo descrito con la misma velocidad*

En el movimiento de rotación de un cuerpo sólido al rededor de un eje, como un volante, cilindro, etc., en una máquina, cada una de sus moléculas describirá círculos de radio diferente, y por tanto, la fuerza centrífuga originada por cada molécula será distinta, así como su velocidad. Si consideramos dos moléculas A y B estando B á doble distancia del centro que A , la velocidad de B será doble de la de A , y su fuerza centrífuga cuatro veces la de A . Pero como el radio de B es doble del de A , la fuerza centrífuga debe ser sólo mitad en B que en A ; luego, en resúmen viene á quedar en B una fuerza centrífuga doble de A , lo que nos dice que en los cuerpos sometidos á un movimiento de rotación al rededor de un eje, *las fuerzas centrífugas que se producen en las diversas partes de este cuerpo son proporcionales al cuadrado de su velocidad angular y á las distancias de estas partes del cuerpo al centro.*

Al considerar el movimiento circular de un cuerpo al rededor de un punto, al que está sujeto por un hilo ó cordón, hemos dicho que había dos fuerzas que obraban sobre el cuerpo constantemente, una que es la que tiende á hacer se mueva el cuerpo en sentido rectilíneo, fuerza tangente á la circunferencia descrita, y otra que le obliga á describir el movimiento

circular. *Esta segunda fuerza que se ejerce en sentido del hilo, cordón ó radio hácia el centro del círculo, es la fuerza centripeta.*

Esta nueva fuerza es igual y contraria á la fuerza centrífuga, puesto que es la única que se opone á que el cuerpo se separe del centro por virtud de la acción de esta última, y tiene su nacimiento en el principio de que la reacción es igual y contraria á la acción.

Por tanto, las leyes de la fuerza centrífuga son también las de la fuerza centripeta.

LECCION XXI.

MAQUINARIA.

Máquinas.—Su constitución física.—Aminoración del trabajo motor.—Medios de reducir esta aminoración á su menor expresión.—Circunstancias del movimiento de las máquinas, á partir del reposo.—Ventajas del movimiento uniforme.—Medios generales para conseguirlo regulando el motor, el operador, ó por medio del volante.

Las *máquinas*, consideradas bajo el punto de vista industrial, y supuestos ya los conocimientos de mecánica anteriormente expuestos, las debemos definir diciendo que *son unos aparatos constituidos por la combinación de un número variable de órganos, dispuestos de tal modo, que la alteración en la situación de uno cualquiera de ellos lleva consigo indefectiblemente movimientos correspondientes de los demás.*

El objeto de las máquinas es ejecutar determinados trabajos de arte, utilizando las fuerzas motrices de que podemos disponer, y trasmitiendo su trabajo de un modo conveniente, con el auxilio de los órganos necesarios, para obtener de un modo indirecto el objeto propuesto, toda vez que no es posible obtenerlo aplicando aquellas fuerzas directamente.

En el avance de ideas que respecto de las consideraciones generales sobre las máquinas hemos dado en la lección XIV, consideramos como ejemplo una sierra de vapor, diciendo que la fuerza motriz es el vapor de agua, el cilindro y pistón el receptor, las barras y ruedas los comunicadores y la sierra el operador ó útil.

Por este ejemplo vemos que si nos proponemos aserrar una madera ó piedra, es decir, destruir la fuerza de cohesión de una madera ó piedra, según una línea determinada, y se nos facilita como fuerza potencial ó que ha de vencer á esta fuerza de resistencia, la fuerza de elasticidad contenida en el vapor de agua comprimido en un generador, es evidente que la aplicación directa del vapor á la piedra no nos producirá el resultado que deseamos, y que será preciso que nos valgamos de medios intermedios para que la fuerza elástica del vapor, convenientemente modificada y trasformada, dé por resultado el movimiento rectilíneo alternativo ó circular continuo de la sierra y el avance gradual de la piedra ó madera para estar siempre al alcance de ella.

Ya hemos dicho que todas las piezas ú órganos que constituyen una máquina son ó receptor, ó comunicadores, ú operador: que para que cada uno de ellos pueda desempeñar debidamente el papel que le corresponde, es preciso que esté dotado de la *rigidez, solidez é inestensibilidad* necesarias para conservar y transmitir siempre los trabajos de las fuerzas que reciben: que el trabajo de la fuerza motriz es igual á la suma de los trabajos de las resistencias útil y pasivas, y que por tanto el trabajo útil ó aprovechable es siempre menor que el trabajo de la potencia: y por último, que si la máquina tiende á favorecer la potencia, lo que se gana en fuerza se pierde en tiempo.

Se llama *rendimiento* de una máquina á la relación que hay entre el trabajo útil obtenido y el trabajo total desarrollado.

Generalmente se considera á este como 100, y entonces el

trabajo útil será el número de estas unidades que se aprovechan; así, se dice, 70 por 100, ó 0,70, cuando de 100 unidades de trabajo desarrolladas por la potencia se aprovechan 70 utilmente.

Es evidente que nunca se llegarán á utilizar las 100 unidades producidas, porque es absolutamente imposible reducir á cero las resistencias pasivas, y por consiguiente su trabajo; pero no cabe duda que la buena elección en la disposición de los órganos ó comunicadores, su reducción al menor número posible, la ausencia de movimientos variados y de choques y la aminoración de los rozamientos, unido á la mejor disposición en el receptor y en el útil, serán causas poderosísimas para que el rendimiento en la máquina se aproxime todo cuanto sea posible á el número 100, y á que se obtenga, por consiguiente, una máquina perfecta; es decir, una máquina con la que se consiga el *máximo trabajo útil*.

Pero hemos dicho también, que para poner un cuerpo en movimiento es preciso vencer su fuerza de inercia, de modo, que para que la potencia aplicada á una máquina llegue á producir un trabajo útil, es necesario que antes se venzan, á más de todas las resistencias pasivas, las fuerzas de inercia correspondientes á todos los órganos que la componen, y por consiguiente, que la potencia tenga la *intensidad* necesaria al caso: sin esta condición, la máquina seguiría en estado de reposo, y el trabajo motor desarrollado sería cero, en realidad. Así, por ejemplo, si nosotros tenemos una máquina en que el trabajo útil sea 700 kilográmetros y el de las resistencias pasivas 300, ó sea un trabajo total de 1.000 kilográmetros, es evidente que con un peso de un kilogramo que recorra en un segundo de tiempo un espacio de 1.000 metros, habremos desarrollado un trabajo motor de los mismos 1.000 kilográmetros, consiguiendo el equilibrio en la máquina; pero con esto no habremos puesto en movimiento la máquina ni habremos conseguido, por tanto, trabajo alguno.

Necesitamos para que esta máquina se mueva dos circunstancias indispensables: la 1.^a que exista una cierta relación entre los dos factores que componen el trabajo de una fuerza, intensidad y velocidad, y la 2.^a que haya un exceso de trabajo motor sobre el de las resistencias para aplicarlo á la destrucción del trabajo debido á la inercia.

En efecto; la primer circunstancia es necesaria porque si aumentamos excesivamente uno de los factores del trabajo $f \times e$ á expensas del otro, haciendo que el uno llegue á ser un máximo cuando el otro sea un mínimo, el trabajo teórico será el mismo, pero el aprovechable será cero: por ejemplo, si en el caso anterior hacemos que el peso de 1 kilogramo se reduzca todavía más á un diez miligramo, por ejemplo, aumentando la velocidad ó espacio recorrido en un segundo á 10.000,000 metros, el trabajo producido será el mismo de 1.000 kilográmetros y el mismo que resultaría si supusiéramos el peso de 10.000,000 kilogramos y el camino recorrido 0,^m0001; pero es evidente que ni en uno ni en otro caso se hubiera producido trabajo aprovechable; en el 1.^o por la velocidad grandísima del movimiento que no permite la aplicación de la fuerza en su pequeñísima intensidad, y en el 2.^o por la insignificancia del movimiento que permite considerar á el motor como en reposo, produciendo tan sólo una presión.

Entre uno y otro caso debe haber valores convenientes de f y e , que hagan no sólo posible el trabajo, sino que le conviertan en un máximo, y estos valores son los que se determinan por medio de los conocimientos de la mecánica y de los resultados que la experiencia aconseja en cada caso particular.

La 2.^a circunstancia ó sea el exceso de valor que ha de tener el trabajo motor sobre el resistente, para vencer la inercia de la máquina, es también indispensable, porque sino no se llegaría á alterar el estado del cuerpo, es decir, á producir el movimiento. Este exceso de fuerza es constante en los primeros

momentos de marcha, y por tanto, obrando como fuerza aceleratriz, la velocidad de la máquina aumenta poco á poco; pero no de un modo indefinido sino que llega á alcanzar un valor máximo, á partir del cual el movimiento sigue uniforme, la inercia no juega ya papel ninguno y el trabajo de la potencia es igual al de las resistencias, quedando la máquina en equilibrio.

Y no puede menos de suceder que esta fuerza aceleratriz se anule al cabo de cierto tiempo porque si así no fuera y continuara siempre creciendo, llegaría á ser tal que vendría á colocarse en el caso de la primer circunstancia, y á no ser posible, por tanto, la aplicación de la fuerza motriz.

De aquí se deduce, que suponiendo constante el trabajo de las resistencias, un aumento ó disminución en el trabajo motor, ó un crecimiento ó decrecimiento de la potencia sobre la resistencia, originará inmediatamente en la máquina un aumento ó disminución en su fuerza viva ó velocidad, que pasado cierto tiempo quedará constante ó uniforme, hasta que otra alteración se produzca en la potencia.

Lo mismo sucedería si siendo constante la potencia variase la resistencia.

Al hablar de la masa de los cuerpos y de sus consecuencias, al hablar de los movimientos y al tratar de los choques, hemos dicho que estas variaciones en la velocidad de las piezas en movimiento, son inconvenientes en las máquinas y que debe á todo trance procurarse la uniformidad del movimiento.

Esta uniformidad se consigue por el concurso de las condiciones siguientes: 1.^a Que el trabajo motor sea constante, para lo cual conviene disponer convenientemente el receptor, de modo que aunque la fuerza sea variable, por ejemplo, el trabajo resulte el mismo. 2.^a Que el trabajo resistente util sea también constante, lo que de igual modo puede conseguirse por medio de disposiciones ó artificios convenientes. 3.^a Que todos

los órganos que tienen movimiento circular estén perfectamente centrados, es decir, que giren exactamente al rededor de su eje ó centro. 4.^a Que sus centros de gravedad correspondan con los centros de figura, á fin de que la acción de la gravedad, al subir y bajar este centro en cada revolución, no sea una fuerza perturbadora. aceleratriz en una semi-revolución y retardatriz en otra. 5.^a Que todas las piezas que tienen movimientos alternativos disminuyan gradualmente su velocidad al aproximarse al límite de su corrida. 6.^a Que todas las piezas que tienen movimiento alternativo tengan sus pesos equilibrados. 7.^a Que la unión mútua ó enlace de todos los órganos sea lo más preciso posible, con el fin de que no exista lo que se llama *juego* y se produzcan, por tanto, los choques. Y 8.^a Con la utilización conveniente de la fuerza de inercia.

Esta última condición, por su importancia, exige que ampliemos su exámen un poco.

La inercia de las piezas giratorias es una fuerza motriz cuando el movimiento es continuo y cuando las piezas están equilibradas á uno y otro lado de su eje de rotación, y por tanto, es una fuerza que se puede utilizar, bien cuando disminuye la potencia, bien cuando aumenta la resistencia: es, por tanto, además un elemento de regularización del movimiento.

Esto explica el empleo del volante en las máquinas: el volante no es más que una rueda de gran diámetro y peso, que montada sobre un eje dotado de gran velocidad, tiene movimiento giratorio al rededor de él.

El papel que desempeña en la maquina no es más que el de convertir en fuerza viva una parte del exceso de trabajo motor, exceso producido por el aumento de intensidad de la potencia ó de su velocidad, y en trasformar á su vez en trabajo aquella misma fuerza viva que adquirió, cuando las resistencias son á su vez mayores que la potencia.

Vemos, pues, que el volante no hace más que reintegrar ó

devolver á la potencia el trabajo que le quitó cuando le producía excesivo ó sobrado; por esto se dice que el volante almacena fuerza viva ó trabajo, porque lo guarda para devolvérselo á la potencia cuando ésta lo necesita.

Cierto es que esta masa ó este peso del volante introducido en los órganos de la máquina con el sólo objeto de obtener esta regularización del movimiento ó del trabajo, ocasiona el aumento consiguiente de pérdida en el trabajo motor, toda vez que una parte de él se ha de gastar en vencer el trabajo que las resistencias propias de esta pieza ocasionan, y por esta causa ha de preceder al empleo de un volante la necesidad justificada de su uso y el estudio necesario para darle las dimensiones precisas en radio y peso. á fin de que no tenga un exceso de peso ó de masa innecesario, que lejos de ser favorable, es perjudicial al rendimiento de la máquina.

LECCION XXII.

Órganos de comunicación del movimiento. - Transformación del movimiento rectilíneo continuo en rectilíneo continuo; rectilíneo continuo en circular continuo; circular continuo en circular continuo; correas sin fin; circular continuo en rectilíneo alternativo; biela, manivela.

En la lección xiv dijimos que las máquinas modificaban las acciones de las fuerzas y que comunicadores ú órganos de comunicación eran todas las piezas de máquina intermedias entre el operador ó resistencia y el receptor ó potencia.

Estos órganos sirven, por tanto, no sólo para transmitir al operador todo el trabajo que se produce en el receptor, deducido el consumido por sus propias resistencias, sino para modificar convenientemente la acción de la fuerza de la potencia, á fin de que al llegar ésta al operador, después de su paso por estos órganos, esté ya en las condiciones necesarias de aplicación que exija la índole de la resistencia que ha de vencer.

En efecto; de la sucesión y enlace de estos órganos se deduce que cada uno de ellos es una verdadera máquina, en la que el órgano anterior es la potencia y el órgano siguiente la resistencia; de aquí el que cada uno de ellos tenga absoluta precisión de cumplir con las condiciones generales ya dichas para que una máquina produzca el mayor rendimiento.

Pero además del objeto de transmitir estos trabajos, hay que considerar á estos órganos como modificadores del movimiento, con el necesario fin de hacer adaptable á las exigencias de la resistencia que hay que vencer, la fuerza motriz de que disponemos, y que en el estado que se nos ofrece no sería útil al objeto á que trata de aplicarse. Y es evidente que aun al ser considerados estos órganos bajo el punto de vista de modificación del movimiento, son verdaderas máquinas que deben ser estudiadas, según el fin ú objeto especial que cada una de ellas desempeña.

Para que este extenso estudio quede encerrado dentro de los límites de nuestro objeto, daremos un solo ejemplo de cada una de las máquinas que sirven para modificar ó transformar el movimiento en otro distinto.

1.º *Transformación del movimiento rectilíneo continuo en rectilíneo continuo.* Esta transformación se consigue por medio de la polea en que uno de los ramales de la cuerda se mueve en línea recta y en sentido contrario al otro.

2.º *Transformación del movimiento rectilíneo continuo en circular continuo y recíprocamente.* Esta modificación se consigue con un tornillo y su tuerca, con una cremallera y una rueda, con un torno y su cuerda, según se deduce desde luego por el estudio que hemos hecho de estas máquinas.

3.º *Transformación del movimiento circular continuo en circular continuo.* Esto se consigue por medio de dos ruedas de dientes, según veremos á su tiempo, y también por medio de las correas sin fin, de que ahora vamos á ocuparnos.

La correa sin fin no es más que una correa ordinaria, que rodeando la corona ó garganta de dos ruedas ó poleas montadas en sus respectivos ejes, tiene unidos ó cosidos sus dos extremos.

Este cosido se hace por medio de tiritas estrechas de piel, que sustituyen al hilo de coser, ó por medio de pasadores me-

tálicos análogos á los remaches, ó con el auxilio de pequeñas placas metálicas que se embuten en el cuero, así como sus puntas, Fig. 89.

Para que esta correa pueda transmitir y transformar el movimiento circular que posee una de las dos ruedas ó poleas á la otra, es preciso que esta correa esté suficientemente tirante para que no resbale sobre las coronas ó gargantas, sino que por el contrario, se establezca una fuerte adherencia entre las caras de la rueda ó polea y de la correa, á fin de que al moverse la rueda arrastre en su movimiento, como formando parte de ella misma á la correa, y ésta á su vez pueda hacerlo con la otra rueda ó polea que ha de ser movida por ella.

En caso necesario y extraordinario, esta adherencia se aumenta interponiendo entre la rueda y la correa pez griega ó resina reducida á polvo fino.

Es evidente que con las correas no sufre modificación alguna la velocidad del movimiento, porque si la velocidad de la que podemos llamar rueda motriz es de dos metros por segundo, por ejemplo, la correa recorrerá este espacio en el mismo tiempo, y la rueda movida por ella adquirirá la misma velocidad. Pero el número de vueltas que durante un tiempo dado den las dos ruedas, no será el mismo si no son iguales los diámetros de ellas, puesto que la menor, para recorrer el mismo espacio en igual tiempo, debe dar más vueltas, toda vez que la longitud de su circunferencia es más pequeña.

Si la correa se dispone como en la Fig. 90, la dirección del movimiento tampoco se modifica, pues según indican las flechas que marcan éste, las dos ruedas se mueven en el mismo sentido. Si la correa se dispusiera cruzada, Fig. 91, entonces las dos ruedas girarían en sentidos contrario: con esta última disposición se consigue además que la parte de corona abrazada por la correa en las dos ruedas sea mayor, y por tanto, que sea mayor la adherencia entre rueda y correa, y se pueda transmitir un esfuerzo mayor.

Las correas producen resistencias pasivas de escasa importancia, y son, por tanto, órganos de trasmisión de valor muy apreciado.

* Si por medio de una correa queremos transmitir el movimiento circular de una rueda de radio R que marcha con una velocidad angular V , á un eje cuya velocidad angular queremos sea v , tendremos que escoger una rueda de radio conveniente para que esto suceda así, y lo haremos por medio de la fórmula $R V = r v$ ó $\frac{R}{r} = \frac{v}{V}$, que resulta de la igual velocidad de trasmisión por la correa, y que nos dice que las *velocidades angulares están en razón inversa de los radios*.

* Así, si queremos transmitir y modificar el movimiento circular continuo de una rueda que tiene cuatro metros de diámetro y dos metros de velocidad angular, á otro eje cuya velocidad angular sea tres metros, diremos

$$\frac{2}{x} = \frac{3}{2} \quad \text{ó} \quad 2 = \frac{3}{2} x \quad \text{y} \quad 2 \times 2 = 3 x \quad \text{ó} \quad x = \frac{4}{3} = 1,33 \text{ m.}$$

escogeremos una rueda cuyo radio sea 1,33 metros.

* Del mismo modo, si la primera rueda da 30 revoluciones ó vueltas por minuto, su velocidad será $2 \pi R \times 30$, y la de la segunda será $2 \pi r \times x$, y como son iguales

$$2 \pi R 30 = 2 \pi r \times x,$$

$$\text{de donde } x = \frac{R}{r} 30 \quad \text{ó} \quad x = \frac{2}{1,33} 30 = \frac{60}{1,33} = 45$$

vueltas, donde vemos que el *número de vueltas está en relación inversa de los radios*, puesto que $45 = \frac{2}{1,33} \times 30$ ó $\frac{45}{30} = \frac{2}{1,33}$

$$\text{y en general } \frac{n'}{n} = \frac{r}{r'}$$

Las correas suelen sustituirse algunas veces con cadenas ó cuerdas de cáñamo, que por la misma razón se llaman cadenas ó cuerdas sin fin, y todo cuanto hemos dicho de la primera se...

aplica á las segundas, prescindiendo de aquellas modificaciones que llevan consigo la naturaleza diferente de la sustancia material que las compone y la distinta manera ó forma de su construcción y disposición.

La trasmisión por cables de cáñamo, hoy bastante generalizada, exige que el radio de la rueda sea por lo menos 30 veces mayor que el del cable, y aventaja á la de correa cuando el trabajo es grande, porque las correas de gran anchura son poco duraderas.

4.º *Trasformación del movimiento circular continuo en rectilíneo alternativo.* Esta trasformación se efectúa por medio de un manubrio, cigüeña ó *manivela*, AB , que gira al rededor del eje A , Fig. 92, combinada con una *barra de conexión articulada ó biela*, que por uno de sus extremos mueve á una barra ó cuerpo D , sujeto á describir un movimiento rectilíneo por medio de unas cárceles ó guías e .

La manivela se fija por uno de sus extremos A al árbol motor, y en el otro extremo libre B lleva un botón, por el que se articula ó enlaza con la biela BC , que gira libremente al rededor de él; la biela lleva en su otro extremo otro botón, por el que de igual modo se articula con D .

Es evidente que mediante esta disposición el punto B recorrerá todos los puntos de la circunferencia descrita con el radio AB de la manivela, y que el punto C recorrerá todos los puntos de la línea CE , diámetro de aquella circunferencia, y que el punto C recorrerá dos veces esta línea mientras el B describe una circunferencia sola, marchando una vez en el sentido EC y otra en el CE ; por consiguiente, á cada media vuelta ó revolución del árbol motor, el cuerpo D recorre una distancia igual al diámetro de la manivela.

La intensidad y la velocidad del movimiento transmitido no es constante ó uniforme, sino que varía en cada instante de su marcha, por más que en cada semi-revolución se reproduzcan

exactamente estos estados. En efecto, la velocidad del extremo C en los puntos C y E , es decir, cuando los tres puntos $A B C$ están en línea recta, es cero, toda vez que ha de cambiar en estos casos la dirección de su movimiento en sentido opuesto: á partir de estos instantes, la velocidad va creciendo hasta llegar á los B y F , es decir, á la posición en que la manivela forma ángulo recto con la dirección del movimiento rectilíneo comunicado, porque los caminos recorridos van siendo mayores en cada instante á medida que se aproxima al punto B ó F .

Para comprender esto basta examinar la Fig. 93, en la que suponemos dividido el cuadrante $C B$ en multitud de partes pequeñas iguales $c a$, $a a'$, $a' a''$, $a'' a'''$, $a''' B$, que podemos considerar como los espacios recorridos por el botón B en cada instante del movimiento: los espacios recorridos por el botón C serán los $c b$, $b b'$, $b' b''$, $b'' b'''$, $b''' A$, mayores cada vez, luego las velocidades correspondientes á estos espacios serán también mayores cada vez.

Desde el punto B hasta el punto E sucederá lo mismo, pero en sentido contrario, que los espacios y las velocidades serán cada vez menores: desde el E al F se reproduce exactamente lo mismo que en el cuadrante $B C$, que las velocidades crecen, y en el trayecto de F á C se repite el decrecimiento ocurrido en el cuadrante $B E$.

Exactamente lo mismo que para las velocidades, puede decirse para las intensidades de las fuerzas transmitidas, y tendremos que el máximo de efecto transmitido se efectuará en los puntos B y F , y el minimum ó cero en los C y E , que por esta razón se llaman *puntos muertos*.

La distancia recorrida por el cuerpo D , ó sea la *amplitud de su movimiento*, no depende más que de la distancia del centro del árbol motor al centro del botón B de la manivela, ó sea del radio de ésta, pues antes hemos dicho y ahora comproba-

mos que al describir el botón B la semi-circunferencia $C B E$, el cuerpo D recorre la suma de todos los espacios pequeños $c b + b b' + b b'' \dots$ ó sea el diámetro de esta circunferencia. Es, por consiguiente, indiferente que la manivela tenga una ú otra forma, y que los botones sean mayores ó menores.

Muchas veces se suprime la manivela, colocando un botón en un punto determinado de un radio de una rueda que ya existe en la máquina, y articulando por medio de este botón la biela correspondiente. Esto exige que se refuerce previamente el radio, para que pueda soportar las fuerzas que ha de transmitir, Fig. 94.

LECCION XXIII.

Excéntrica.—Trasformación del movimiento circular alternativo en circular continuo.—El mismo en rectilíneo alternativo.—Paralelógramo.

Hemos dicho en la lección anterior, que los efectos obtenidos con una manivela y una biela combinadas son independientes de la magnitud del botón que articula á ambas piezas, y que sólo dependen aquellos efectos de la distancia entre los centros del arbol y del botón, ó sea del radio de la manivela.

Pues bien, si consideramos ahora que el diámetro del botón de articulación con la biela crece tanto que su radio se hace mayor que el radio de la manivela, habremos cambiado la manivela en lo que se llama un *excéntrico* ó *excéntrica*, ó sea un círculo *B*, Fig. 95, que gira al rededor de un punto *A*, que no es su centro.

Cuando esta excéntrica *B* es demasiado pesada, no se hace macizo todo el círculo, sino que se forma entonces de un disco ó circunferencia ligada al eje *A*, por medio de radios ó brazos, como indican las Figs. 96, en las que se ve que la parte maciza *AB* se compone de dos piezas unidas por dos pasadores ó pernos con cuatro chavetas, así como que se une al eje motor por medio de otra chaveta ó de ésta y de un tornillo de presión.

La superficie cilíndrica del contorno tiene uno ó dos re-

saltos a , en los que penetra el *anillo del collar de la excéntrica*, que es de bronce, como lo indica la Fig. 97; este anillo está rodeado del *collar*, que á su vez está formado de dos piezas ó semi-circunferencias un poco ahuecadas en su interior para alojar parte del anillo, y que se sujetan entre sí y á la excéntrica por medio de los tornillos b ; entre ambas piezas se colocan unas cuñas con objeto de que se puedan apretar estos tornillos á medida que se desgasta el anillo. La biela de la excéntrica puede ser de barra simple, ó de barra de celosía, como lo marcan las figuras.

El rozamiento que el collar ocasiona al resbalar ó rodar sobre la garganta de la excéntrica, es claro que aumenta con la longitud de la circunferencia de ésta, y que por tanto puede ser ésta de tal magnitud que llegue á ser el trabajo absorbido por este rozamiento, mayor que el trabajo útil transmitido por la biela. Por esta causa, sólo son aplicables estos órganos á las máquinas cuando tienen que transmitir ó vencer pequeñas resistencias, pues en otro caso son perjudiciales por el gran trabajo que consumen.

Los *excéntricos* ó *excéntricas* no son siempre círculos que giran al rededor de un punto diferente de su centro, sino que son en general *curvas cualesquiera que giran con un árbol excéntrico á ellas*.

Si, por ejemplo, los tres lados rectilíneos de un triángulo rectángulo los sustituimos con tres arcos de círculo descritos desde el vértice opuesto, y hacemos girar á este triángulo curvilíneo con el eje que pasa por su centro de figura, habremos formado la *excéntrica de triángulo*, y es claro que con su movimiento circular ocasionará el movimiento rectilíneo alternativo de la pieza D , con una amplitud igual á $o a - o b$, Fig. 98.

Del mismo modo, con la curva $B E C E$, Fig. 99, que gira sobre el eje A , conseguiremos que el cuerpo D recorra en cada semi-revolución el espacio $A B - A C$.

Trasformación del movimiento circu'ar alternativo en rectilíneo alternativo. Esta trasformación puede conseguirse con la combinación anterior de manivela ó excéntrica y biela, con sólo suponer que el arbol motor A tiene movimiento circular alternativo.

Pero hay otro procedimiento más perfecto, que es el paralelógramo articulado, inventado por Watt, que es el que vamos á describir, Fig. 100

Supongamos que la pieza BOA tiene un movimiento circular alternativo al rededor del centro O ; es decir, que su extremo A recorre el arco de círculo AA' para volver á recorrerle en seguida en el sentido $A'A$, y que queremos transmitir y trasformar este movimiento á la pieza D , haciéndola mover en rectilíneo alternativo.

Para conseguirlo, añadamos tres piezas Aa , ab y bc , que con la parte cA de la pieza dada, constituyen un paralelógramo articulado en sus cuatro ángulos.

En el movimiento oscilatorio de la pieza dada AB , el punto A describe un arco de círculo AA' , cuyo radio es el OA , y el punto a describiría otro arco de círculo cuyo centro sería el mismo si la línea ó brazo Aa fuese rígida con OA ; pero como no es así, sino que es articulada, podemos muy bien sujetar el punto a á que se mueva según una línea recta, á pesar de que el A lo haga en un arco de círculo. Así lo hizo Watt, y observó que entonces el punto b describía un arco de círculo, y por tanto dedujo, recíprocamente, que si obligamos á el punto b á que describa un arco de círculo de radio conveniente, el punto a se moverá en línea recta. No queda, pues, más que determinar el radio de este círculo, y el modo de obligar á b á que describa este mismo arco.

* Sean, Fig. 101, OA , OA' y OA'' , tres posiciones consecutivas de la pieza OA , sujetas á oscilar al rededor O y sea AM la línea recta que ha de recorrer el punto a , la dispo-

sición del paralelógramo $Acba$ está determinada en cada uno de estos casos por la longitud de sus lados y por la condición de tener siempre uno de sus vértices a, a', a'' en la línea recta aM ; los puntos b, b' y b'' habrán descrito entonces un arco de círculo b, b', b'' , cuyo radio y centro O' será fácil determinar, y por tanto, si ligamos el punto b con el punto O' por medio de una barra inextensible, el punto b describirá al moverse el A un arco de círculo de radio $O'b$, y entonces el punto a recorrerá la línea recta aM .

Para que esto suceda en la práctica con toda la perfección deseable, hay que tener presente:

1.º Que la dirección rectilínea del punto a pase por la mitad de la flecha del arco $AA'A''$.

2.º Que la cuerda AA'' de este mismo arco no sea mayor de la mitad ó dos tercios de la línea ó radio OA .

3.º Que la longitud de los lados Aa y cb del paralelógramo sea tal que el punto a esté en la línea horizontal que pasa por O cuando el punto A esté en su posición extrema superior.

4.º Que esta línea horizontal que pasa por O divida en dos partes iguales el arco AA'' .

Y 5.º Que la longitud de la barra OA es arbitraria.

En el lado cb del paralelógramo hay un punto que también describe una línea recta paralela á la aM . Este punto está determinado por la intersección de la línea que une los puntos a y O con el lado cb , ó sea el punto n . Por consiguiente, otra varilla articulada en n describiría un movimiento paralelo á la articulada en a , pero de menor amplitud.

Si examinamos detenidamente el papel desempeñado por un paralelógramo, veremos que establecido con el sólo objeto de guiar á un punto por un camino rectilíneo, podemos llenar completamente esta misión con sólo el lado bc , y que por tanto los otros tres Ac, Aa y cb no hacen verdadera falta y pueden,

por tanto, suprimirse: así es que en muchos balancines sólo se observa este lado y la varilla que sujeta su extremo á describir el arco de círculo.

El movimiento rectilíneo de un punto se consigue también por medio del mecanismo indicado por Gengembre, Fig. 102, y que se llama también paralelógramo, por la semejanza de efecto con el de Watt. Supongamos que el vástago de un pistón P , cuya cabeza b ó cruceta es el punto que queremos guiar, termina en una horquilla $a b$ algo prolongada y que se articula con una biela también ahorquillada por medio de un botón ó pasador doble: si en la parte de pasador que queda dentro de las ramas de la horquilla colocamos una barra de brazos iguales $c d$, articulada en sus extremos á dos varillas ó *balancines* sujetos á girar al rededor de los puntos O y O' , el punto b describirá siempre una línea recta.

Las condiciones á que se ha de sujetar este mecanismo, son: 1.º Que las cuerdas de los dos arcos de círculo descritos por los puntos c y d se confundan con la línea recta que se desea conseguir, $a P$. Y 2.º Que los centros O y O' estén situados en las líneas horizontales que pasan por los puntos medios de los arcos descritos. Las longitudes de la barra $c d$ y de las varillas $O d$ y $O' c$, son variables; pero se pueden considerar, aquella como igual al radio de la manivela, y éstas tres veces y media mayores que este radio.

Este mecanismo tiene la ventaja de que sustituye á las guías y patines, haciendo desaparecer el rozamiento que ocasionan éstos en su trabajo, toda vez que aquí el pequeño rozamiento producido es por rotación de los dos balancines en sus puntos fijos de giro.

Otro mecanismo que sirve para guiar rectilíneamente un punto, es el representado en la Fig. 102 *a*, debido al ingeniero de minas Sr. Bentaból, descrito en las Revistas mineras de 1877 y 1880.

LECCION XXIV.

Engranajes.—Definición.—Condiciones generales que han de llenar.—Relación de velocidades.—Determinación de los radios.—Método práctico para el trazado de los dientes.

Se llaman *engranajes* los aparatos que sirviendo para transmitir ó trasformar el movimiento circular en circular ó rectilíneo, poseen dientes que encajan unos en otros.

Cuando estos aparatos son dos ruedas dentadas que giran al rededor de ejes paralelos, se llama simplemente *rueda* á la de mayor diámetro, y *piñón* á la de diámetro menor. La recta que une los centros de una y otra se llama *línea de los centros*.

Estas ruedas transmiten el movimiento por medio de los *dientes*, ó sea por unas partes salientes que se colocan en su circunferencia y que encajan en los huecos que dejan las otras partes análogas que posee la otra rueda. La circunferencia sobre la que son ya salientes los dientes, se llama *circunferencia primitiva* $a' b' c' d'$, y su radio *radio primitivo*, $o a'$, así como se demominan *radios verdaderos* los que partiendo del centro terminan en la extremidad de sus dientes $o e$, Fig. 103.

El *espesor* de un diente se mide sobre la circunferencia primitiva $a' b'$; el *ancho*, en el sentido del eje de rotación o ; el *largo*, en sentido del radio, y se compone de cara y flanco;

cara del diente es la parte exterior á la circunferencia primitiva $c' e d'$, y *flanco* la parte interior á ésta $c c' d' d$.

El intervalo de diente á diente se llama *hueco*, y la suma del espesor del diente y del hueco es lo que se denomina *paso del engranaje*.

La aplicación de los engranajes estriba en la condición de que la relación de las velocidades de las dos ruedas sea constante siempre, es decir, que $R V = r v$. Por consiguiente, los dientes de un engranaje dado son todos iguales entre sí y dispuestos de una manera regular sobre la circunferencia, siendo siempre uno mismo el paso del engranaje, porque de otro modo no se verificaría esta condición.

Es evidente, pues, que si el engrane es de dos ruedas de igual circunferencia primitiva, ó sea de igual radio primitivo, las dos tendrán el mismo número de dientes y de huecos; pero si engranan dos ruedas de desigual circunferencia primitiva, como el paso del engrane es el mismo para la mayor (rueda) que para la menor (piñón), el número de dientes que cada una tendrá será la longitud de la circunferencia primitiva, dividida por la longitud del paso, y los cocientes serán desiguales, toda vez que los dividendos lo son, siendo mayor el cociente ó número de dientes que corresponde á la rueda que el que corresponde al piñón. Además, $\frac{L}{p} = n - \frac{l}{p} = n'$ siendo L y l

las longitudes de las circunferencias primitivas de la rueda y del piñón, p el paso del engranaje, y n y n' el número de dientes de una y otro, luego $L = p n - l = p n'$ y $\frac{L}{l} = \frac{p n}{p n'} = \frac{n}{n'}$,

ó lo que es lo mismo, los números de los dientes de un engrane están en la misma relación que las circunferencias primitivas de las ruedas, ó que los radios primitivos. Así, el engrane de una rueda de un metro de radio primitivo, ó sea una circunferencia de 6,28 metros con 60 dientes, con un piñón 0, ^m 10 de

radio primitivo, y por consiguiente 0,628 de circunferencia, nos dará el número de dientes por la fórmula

$$\frac{6,28}{0,628} = \frac{60}{n'} - n' = 6 \quad \text{ó} \quad \frac{1}{0,10} = \frac{60}{n'} - n' = 6$$

y como ya sabemos por la lección xxii que las velocidades de dos ruedas de desigual radio que se transmiten el movimiento, están en relación inversa de estos radios, tendremos que

$$\frac{R}{r} = \frac{v}{V} = \frac{n}{n'},$$

es decir, que el número de dientes está en razón inversa de las velocidades de la rueda y piñón.

* De estas fórmulas podemos obtener cualquiera de las seis cantidades R , r , n , n' , v , V , conocidas que sean las otras: pero si tratamos de determinar el valor de los radios de la rueda y piñón cuando se nos da la distancia de los ejes sobre que se han de montar estas ruedas, ó sea la línea de los centros, tendremos que usar otra fórmula, que es la siguiente:

Sea D esta línea de los centros y n la relación entre los radios de las ruedas; tendremos

$$D = R + r \quad \text{y} \quad \frac{R}{r} = n \quad \text{ó} \quad R = n r,$$

y sustituyendo en D este valor de R será $D = n r + r = r (n + 1)$ y $r = \frac{D}{n + 1}$ y

poniendo en el valor de R este nuevo valor de r , será

$$R = n r = n \frac{D}{n + 1}.$$

Al determinar el número de dientes de una rueda, bien sea por dato que se nos dé, bien sea por resultado de las fórmulas anteriores, hay que tener presente, en primer lugar, que este número sea entero y no fraccionario, y en segundo término, que sea divisible exactamente por el número de brazos ó secciones de que consta la rueda, si no es de una sola pieza, por exigirlo así la simetría y la facilidad en las uniones de estas secciones ó piezas; y por tanto, cuando el número dado ó resul-

tante de dientes no reuna estas condiciones, se tomará el número entero inferior que las cumpla, y que además sea divisible por la relación de los radios de la rueda y piñón. Si la rueda no se compone de varias secciones, sino que es de una pieza única, entonces, después de haber determinado la relación del número de dientes, se aumenta en uno el número de dientes de la rueda, á fin de que el contacto entre los dientes no se verifique en los mismos puntos, sino al cabo de un gran número de vueltas, y su duración sea mayor.

En la práctica no se hacen exactamente iguales el diente y su hueco, sino que es éste algo mayor, con el fin de que quede cierto juego que permita moverse al diente con libertad, sin grandes rozamientos. Este juego suele ser $\frac{1}{10}$ á $\frac{1}{15}$ del espesor del diente, es decir, que $h = e + \frac{1}{10} e = 1,1 e$, siendo $h =$ hueco y $e =$ espesor y $p = e + 1,1 e = (1 + 1,1) e = 2,1 e$, siendo $p =$ paso del engranaje.

En el sentido del largo ha de haber 4 á 5 milímetros de juego entre el diente y el fondo del hueco.

Determinados ya por las fórmulas anteriores los radios de las circunferencias primitivas, el paso del engranaje y el número de dientes de la rueda y del piñón, queda que determinar la forma y trazado de estos dientes.

Sean $O a$ y $O' a$, Fig. 104, los radios primitivos de la rueda y del piñón, $a n$ la longitud de la cara del diente, y $a c = a b$ el paso del engranaje, que se dividirá en $c f$ espesor del diente y $f a$ hueco.

Para determinar el diente de la rueda, haremos lo siguiente: por el punto b , que marca el paso en la circunferencia primitiva del piñón, trazaremos el radio $b O'$, que encontrará á la circunferencia que describamos con la distancia $O' a$ por diámetro en el punto d : tirando la recta $c d$ y levantando una perpendicular en su punto medio $h e$, ésta encontrará en e á la

circunferencia primitiva de O , y desde este punto e , como centro, describiremos el arco $c h d$, que determinará la curva lateral del diente: la del otro lado, como es simétrica con la anterior, se trazará sacando un patrón de ella y aplicándola al otro lado del radio $O g$ que divide al diente por mitad. La cara del diente termina en h , por medio de una circunferencia descrita desde O con el radio $O h$.

Los flancos del diente se determinarán por los radios $O c$ y $O f$, dándoles una longitud $a m$, por lo ménos igual á la cara $a n$, toda vez que ésta se ha de alojar en aquél.

Para determinar el diente del piñón se procede de la misma manera. Se tira el radio $O c'$, se determina el punto d' , se tira la perpendicular en su punto medio á la recta $b' d'$, y se determina el punto e' para trazar la curva de la cara del diente. Las otras dos caras y los flancos se determinan del mismo modo, con el patrón, con la circunferencia $O' h'$ y con los radios $O' b$ y $O' f'$.

El espesor y ancho del diente se calcula según la resistencia que se les quiera dar.

Si llamamos a al ancho y b al espesor del diente, haremos $a = 4b$ si la velocidad en el círculo primitivo no excede de 1,50; $a = 5b$ si aquella excede de esta cifra, y $a = 6b$ si el engranaje ha de estar mojado por el agua: la saliente del diente nunca excede de $1,5 b$.

Considerando el caso más expuesto á la rotura, que es aquel en que $a = 6b$ y la saliente $1,5 b$, las fórmulas de resistencia nos dan un espesor en centímetros para los dientes de, fundición $= 0,105 \sqrt{P}$, bronce ó cobre $= 0,131 \sqrt{P}$, madera dura $= 0,145 \sqrt{P}$; siendo P el esfuerzo que obra sobre el diente.

Este esfuerzo sabemos que es igual al trabajo de la máquina ó rueda dividido por la velocidad; así, en una rueda mo-

vida por una máquina de 10 caballos, tendremos

$$P = \frac{10 \times 75}{1,5} = 500 \text{ kilogramos, y por tanto}$$

$$b = 0,105 \sqrt{P} = 0,105 \sqrt{500} = 0,105 \times 22,36 = 2,3 \text{ cen-}$$

timetros; sabiendo ya el valor de b

$$\text{tenemos } a = 6 b = 13,8 \text{ cents. y } S = 1,5 b = 3,4 \text{ cents.}$$

LECCION XXV.

Engrane en la línea de los centros.—Engranaje interior.—En ángulo.—De un piñón y una cremallera.—De un piñón y un tornillo sin fin.

Se dice que dos ruedas ó rueda y piñón *engranan en la línea de los centros*, cuando los flancos de dos de sus dientes ya engranados coinciden con la línea que une los centros de estas ruedas.

Este modo de engranar es el más conveniente, porque si el engrane se verifica antes de la línea de los centros, su rozamiento es mucho más fuerte á medida que se aproximan á esta línea: si el engrane se verifica despues de la línea de los centros, el rozamiento es cada vez menor, porque se van alejando cada vez más las superficies en contacto. En estos dos modos de engrane hay la misma diferencia que la que resulta de hacer resbalar un cuerpo sobre otro, ya sea empujando, ya tirando; en el primer caso hay empuje, en el segundo se tira; en el primer caso, las desigualdades de las caras en contacto producen saltos y paradas que es muy necesario evitar en las máquinas, y en el segundo, estas desigualdades no presentan dificultades al resbalamiento.

Verificándose el principio del engrane en la línea de los centros, como lo representa la Fig, 104, la cara curva del diente de la rueda va empujando al flanco correspondiente del diente del piñón, hasta que los puntos extremos de una y otro se ponen en contacto y por último se dejan; en este instante ya se han colocado otros dientes de la rueda y piñón en la misma disposición que antes, en la línea de los centros, y así sigue sucesivamente.

Es evidente que si siempre fuese el mismo el sentido del movimiento, la rueda no necesitaría más que el medio diente $z f x$, y el piñón los flancos $f' x'$, sin necesidad de cara alguna; pero como en la marcha de una máquina sucede que no siempre es la misma la rueda que trasmite el movimiento á la otra, ni constante el sentido de éste, sino que bien por inversión ó cambio en el sentido del movimiento, bien por las desigualdades del motor ó de la resistencia, bien por otras causas, resulta ser unas veces conducida la rueda que antes era conductriz, tendremos que disponer estos engranes convenientemente; y por esta causa, tanto una como otra rueda llevan dientes completos y estos son simétricos con relación al plano ó línea $O h$.

De lo dicho se deduce que el engrane de dos ruedas debe establecerse haciendo que en la línea de los centros se encuentren en contacto el primer punto de la cara curva del diente de la rueda conductriz y el primer punto del flanco del diente de la rueda conducida, y que al cesar el engrane de uno y otro diente estén en contacto el último punto de la cara del diente de la rueda conductriz con el último punto del diente de la rueda conducida; en cuyo momento ha de comenzarse de nuevo esta marcha con otros dos dientes en la línea de los centros. *No es, pues, arbitrario en el maquinista montador aumentar ó disminuir la distancia del centro haciendo que haya recubrimiento ó hueco en el engrane de los dientes.* Calculados y cons-

truidos los dientes por la fábrica constructora, según los principios expuestos, el engrane debe hacerse del modo expresado, y toda otra práctica es viciosa. Mas adelante insistiremos en este punto.

Engranaje interior.—Cuando el piñón está colocado en el interior de una rueda, el engranaje se llama interior, y la determinación del número de dientes, sus dimensiones y su forma, se hace como si fuesen exteriores. En efecto, aplicando el mismo procedimiento para la rueda cuyo centro es O , Fig. 105, y para el piñón centrado en O' , marcamos el paso ac y ab ; tiramos $O'b$, dc y la perpendicular en su medio que corta á la circunferencia O'' en e , desde donde se describe la cara curva del diente.

El flanco cx se determina de la misma manera por el radio ocx ; MN es la circunferencia exterior de la corona de la rueda O .

De la misma manera se determina el diente del piñón, y de igual modo se hace que el hueco sea mayor que el diente que ha de entrar en él.

Cuando los ejes de las ruedas no son paralelos pero están en un plano, ya no puede comunicarse el movimiento por medio de estos engranes; es preciso emplear un *engranaje cónico*, ó sea *dos ruedas de ángulo*.

Es evidente que en este caso los dientes de las ruedas no pueden ser ya cilíndricos como antes, sino que han de ser cónicos, teniendo estos conos un vértice común, que es el punto de encuentro de los dos ejes.

Así, Fig. 106, sean AB y BC los dos ejes que se han de comunicar el movimiento formando el ángulo ABC . Si dividimos el ángulo ABC en dos partes ABD y DBC , que sean proporcionales al número de dientes, ó inversamente proporcionales al número de revoluciones de cada rueda, é

imaginamos dos conos que tengan por ejes las líneas AB y BC y por generatriz la línea BD , es evidente que al girar uno de ellos comunicará al otro el movimiento por simple contacto y con velocidad proporcional á la relación dada, porque las circunferencias descritas por los puntos de la generatriz BD son proporcionales á sus radios, y estos lo son á los ángulos ABD y DBC , ó sea á la relación dada entre el número de los dientes ó entre las velocidades.

Estos conos se llaman *conos primitivos*, y en el interior de su masa es donde llevan tallados los huecos y flancos, quedando de las caras exteriores á la superficie, ó sea en saliente.

El número de dientes, su paso, marcha y su grueso, se determina como hemos dicho en la lección anterior para las ruedas cilíndricas.

Este paso se toma sobre la generatriz común BD , en DE para determinar el ancho de las coronas de las ruedas. Estas ruedas terminan exterior é interiormente por dos superficies cónicas cuyos vértices son los puntos A y F , C y G , determinados por las intersecciones de los ejes AB y AC con las perpendiculares á ellos AC y FG .

En virtud del poco espacio que ocupan en la superficie cónica de las coronas de las ruedas los dos dientes que engranan, uno de cada rueda, se puede suponer que la trasmisión del movimiento se verifica según el plano tangente común á estos conos. Admitido esto, tendremos que el perfil del diente tendrá la misma figura que el de las ruedas cilíndricas y se determinará desarrollando las bases de estas coronas en los dos círculos de radios AD y CD , y considerando á estos círculos como las circunferencias primitivas de dos ruedas cilíndricas cuyo número de dientes, paso y demás son los de las ruedas cónicas.

Se determina la forma de estos dientes y se corta un patrón con el perfil determinado por el procedimiento que ya sa-

beinos, y se aplica este patrón sobre las coronas cónicas exteriores *A* y *C*.

Se hace lo mismo con las ruedas cilíndricas supuestas que tienen *F E* y *G E* como radios, se determina el perfil de los dientes, se corta otro patrón y se dibujan con él estos dientes en la otra corona cónica interior, cuyos vértices son *F* y *G*, teniendo cuidado de que los puntos de división marcados en ambas coronas estén situados en una misma generatriz de los conos primitivos, y se tallan en seguida estos dientes.

Cuando los ejes de las ruedas no están en un mismo plano, sino en planos diferentes, hay que valerse de tres ruedas de ángulo para transmitir el movimiento, una en cada ángulo de los ejes dados, y otra en un eje que corta á los otros dos: hay que determinar, por tanto, el engrane de la rueda intermedia con cada una de las otras dos.

Engranaje de una rueda y una cremallera —Si en el engrane de dos ruedas cilíndricas suponemos que el radio de una de ellas crece hasta el infinito, su circunferencia se habrá transformado en una línea recta, y tendremos el engrane de rueda y cremallera.

Para determinar la forma de sus dientes, su número, paso y grueso ó espesor, se procederá del modo siguiente:

Sea *h* la distancia que la cremallera ha de recorrer en cada vuelta de la rueda: el radio de esta será $2 \pi r = h$ y $r = \frac{h}{2 \pi}$

Sabiendo el trabajo que ha de ejecutar la cremallera, deduciremos el espesor ó grueso del diente y sabremos, por tanto, el paso y el número de dientes, según ya hemos dicho repetidas veces.

Determinamos el perfil de los dientes de la rueda según sabemos, considerando á la línea primitiva de la cremallera *b c*, Fig. 107, como el círculo primitivo de la rueda tangente al piñón *O* en el punto *a*.

El perfil de los dientes de la cremallera no es más que un arco de círculo descrito con el paso m n por radio, desde el origen del diente como centro m . Los flancos, los huecos y la saliente se limitan y determinan como ya sabemos, dejando además el juego conveniente.

Engranaje de un piñón y un tornillo sin fin.—Si se nos da ya construido el tornillo, tendremos que determinar los elementos de la rueda ó piñón; el radio será $R = \frac{n a}{2 \pi}$ siendo n el número de vueltas que da el tornillo por cada una del piñón: es claro que el paso del tornillo y el del piñón han de ser iguales, y que por tanto, cada vuelta del tornillo hace girar á la rueda el valor del paso.

Con esto sabemos ya el número de dientes, y en cuanto á su forma, observaremos que sus caras han de tener la misma inclinación sobre el eje de la rueda que la que tienen los filetes del tornillo sobre su propio eje.

Estos dientes se construyen casi siempre formando de acero cortante una *terraja ó madre* exactamente igual al tornillo dado y tallando con ella en la corona de la rueda ó piñón los dientes.

Este engranaje sirve para transmitir el movimiento de un eje á otro que esté situado en un plano perpendicular al primero.

Nada hemos dicho del engranaje llamado de *linterna*, porque ya no se usa más que en construcciones rústicas, en aquellas máquinas antiguas que por tradición se conservan todavía. Transmiten el movimiento como el piñón y el tornillo sin fin, en planos perpendiculares entre sí.

Consiste, Fig. 108, en una rueda mayor, que en vez de dientes tiene tacos, ordinariamente de madera, que vienen á sustituir á aquellos y que empujan por choque á otros tacos

cilíndricos de mayor longitud que están clavados á dos superficies ó coronas circulares formando la rueda menor ó *linterna*.

Por los conocimientos que ya tenemos de mecánica comprenderemos desde luego que esta máquina no llena ninguna de las condiciones debidas. Sin embargo, su uso sigue aun muy generalizado, entre otras razones, porque la construcción y recomposición de este mecanismo está al alcance de todo el mundo y exige muy poco tiempo.

LECCION XXVI.

Reguladores.—Péndulo cónico.—Freno.—Manivelas simples y compuestas de simple y doble efecto.

Al hablar del movimiento variado en las máquinas, hemos dicho que unas veces por causa del motor ó potencia, y otras veces por causa del trabajo efectuado, ó sea por la resistencia vencida, se produce un aumento en la velocidad ó marcha, que si no se corrije crecerá cada vez más, dando lugar á un movimiento acelerado sumamente perjudicial al trabajo útil ejecutado y á la máquina misma.

Cuando esta causa alterante proviene de un aumento en la potencia, no hay más remedio para reducirla á su verdadero valor medio, que disminuirla en la cantidad conveniente ó aumentar en proporción el trabajo consumido por las resistencias pasivas.

Esto último tiene la desventaja de que consumimos inutilmente y con perjuicio de la máquina misma una gran parte del trabajo motor, y por tanto, debemos con preferencia buscar los medios de reducir la potencia al valor debido, procurando que sus variaciones, en más ó en menos de este valor, sean lo más pequeñas posibles.

Los aparatos con los que se consigne este objeto son los *reguladores*.

El más interesante de todos es el *regulador de fuerza centrífuga, péndulo cónico ó regulador de Watt*.

En el extremo *A* de un eje vertical *A D F*, Fig. 109, están articuladas dos varillas *A B* y *A C*, que tienen en su otro extremo dos esferas de igual peso: otras dos varillas *B D* y *C D* articuladas con las primeras y entre sí en los puntos *B*, *C* y *D*, llevan en su extremo *D* un anillo que abraza al eje vertical.

Este eje es puesto en movimiento circular por una transmisión de movimiento que podemos considerar una correa que pasa por la garganta de la polea *F* fija á él; por virtud del movimiento giratorio del eje, se desarrolla la fuerza centrífuga en los pesos de las varillas *A B* y *A C*, y por su virtud tienden á separarse del eje aumentando el valor del ángulo *B A C*: por consecuencia de la articulación de las varillas *B D* y *C D*, estas siguen el movimiento de las primeras, y el *anillo, manjón ó manqueta D* sube á lo largo del eje *A D F*, aproximándose al vértice *A*, y la palanca *D E*, unida á este anillo, gira al rededor de su punto de apoyo *G*, haciendo descender al extremo *E*; luego si este extremo *E* se relaciona directa ó indirectamente con el punto en que se comunica la acción de la potencia, ya sea la válvula de admisión de vapor, ya la compuerta ó grifo de un caño de agua, etc., etc., es claro que modificaremos la acción de este dándole más ó menos paso por medio del movimiento del extremo *E*.

Y como el eje *A* es puesto en movimiento por la misma máquina, tendremos que cuanto más aumente la potencia, más aumenta la velocidad en la máquina, más aumenta la velocidad del eje, y mayor es, por tanto, la fuerza centrífuga; con lo cual, mayor es también la aproximación ó subida del anillo, y mayor la bajada del extremo *E*, y por resultado final, mayor la bajada ó cierre de la válvula ó compuerta, por donde

no pudiendo pasar ya la misma cantidad de fuerza motriz, se produce una disminución en la potencia, que lleva consigo la pérdida del aumento de velocidad antes adquirido, y por tanto, la regularidad en el movimiento.

Para que este regulador produzca los resultados deseados, es preciso que cumpla dos condiciones esenciales: primera, que el anillo ó mangón ocupe una posición determinada durante la marcha normal ó regular de la máquina; y segunda, que empiece á ejercer su acción tan pronto como el aumento ó disminución de velocidad llegue á una cantidad fijada de antemano.

* En el supuesto de que no se quiera que se altere la velocidad en más de $\frac{1}{10}$, el peso de cada bola ó esfera será

$$P = \frac{100}{21} \times p \times \frac{A B}{A H}; \text{ siendo } p = \text{valor de la resistencia que}$$

ofrece á su movimiento el anillo.

En las máquinas de vapor se suele hacer $\frac{A B}{A H} = \frac{2}{3}$

y entonces $P = 3,17 p$; de modo si p vale 2 kilógs., $P = 6,34$ kilogramos el peso de cada bola.

Para que este valor de P , y por consiguiente de p , sea pequeño, es preciso que $\frac{A B}{A H}$ sea pequeño, es decir, que $A H$ sea grande con relación á $A B$; por eso cuando esta diferencia entre $A H$ y $A B$ se quiere sea muy grande para que el peso de las bolas ó el del valor p sea muy pequeño, y se teme que las varillas puedan doblarse, á menos de ser excesivamente gruesas, se adopta otra disposición para este péndulo, haciendo que el anillo ó mangueta esté en el vértice superior del rombo articulado y el punto fijo en el vértice inferior, Fig. 110, y de esto modo $A H$ puede llegar á ser tres ó cuatro veces $A B$.

Si al regulador de Watt se supone adicionada á su anillo una masa pesada, ésta ejercerá su acción como si obrase en el

centro de las bolas, y por tanto, habremos aumentado indirectamente la acción de estas sin necesidad de aumentar los gruesos y resistencias de este órgano.

Si ahora hacemos que los cuatro lados ó varillas del regulador Watt de masa central, sean iguales, y colocamos las bolas en los dos extremos de la diagonal horizontal del rombo así formado, tendremos el regulador Porter, Fig. 110 *a*, ó americano.

Todos los reguladores de fuerza centrífuga se dice que son isochronos cuando están en equilibrio en cualquier posición para una velocidad dada. Para conseguir un isochronismo más perfecto que el que se obtiene por medio de los péndulos descritos, se apela á varios procedimientos, como son obligar á las bolas á que describan un arco de parábola ó de su círculo osculador, como indica la Fig. 110 *b*; limitar su excesiva sensibilidad por medio de una pequeña catarata, ó sea un pistón que se mueve dentro de un cilindro lleno de aceite, Fig. 110 *c*, cuyo juego explicaremos más adelante, ó bien disponer un contrapeso que pueda colocarse en el punto deseado de la longitud de la barra que soporta; barra que girando al rededor de su extremo forma, por medio de una chapa en cuadrante sujeta por un pasador á otra análoga fija al eje de oscilación de la varilla del regulador, un ángulo variable á voluntad, Figura. 110 *c*.

Compréndese desde luego la importancia del isochronismo con solo considerar que de este modo es más constante el trabajo de la potencia.

Otro regulador de fuerza centrífuga es el de Buss, que tiene dos formas distintas; la más moderna, Fig. 111, consiste en un eje vertical *c d*, que tiene formando cuerpo con él un platillo *e f*, sobre el cual descansan dos rodillos *b*, que forman parte del peso *c*: este peso *c* está montado por medio de un brazo á un eje *a*, en el cual existe montado de igual modo el brazo y

la bola a P ; este eje a forma cuerpo con la masa exterior ó contrapeso $z z z$, que puede resbalar subiendo ó bajando á lo largo del eje vertical $c d$; este contrapeso se une á este eje para ser llevado por él en su movimiento giratorio, por medio de un pasador g .

Desde luego se comprende que al funcionar la máquina que se ha de regular y aumentarse innecesariamente la velocidad, la bola P se separará más del eje $c d$, tenderá á hacer bajar al peso c , pero como esto no puede ser, porque éste está sostenido por el platillo fijo al eje, es claro que entonces subirá el eje a y con él la masa ó contrapeso $z z z$.

En su forma más antigua, los brazos de las bolas están invertidos, Fig. 112, y cada palanca de estas bolas lleva exterior al contrapeso otra bola mayor, que es el verdadero contrapeso.

El regulador Farcot consiste en un péndulo de fuerza centrífuga, Fig. 113, colocado en la parte superior del eje vertical del aparato, que es puesto en movimiento por el engranaje cónico a . Este eje lleva cuatro platillos; los dos exteriores b y c , están fijos al eje y giran con él; los otros dos d y e , están montados al eje por medio de una mangueta suelta que gira con él á rozamiento dulce; estos platillos son independientes entre sí, y cada uno de ellos lleva una rueda dentada cónica $n n$, que engranan con otra m , cuyo eje está sostenido por un extremo en la mangueta de los platillos y por el otro en un brazo saliente ó punto fijo f del bastidor que sostiene á todo el aparato regulador.

La mangueta de los platillos está fija á la mangueta ó anillo que mueven las bolas g , por medio de una llave larga, de modo que al separarse ó acercarse más las bolas sube ó baja esta mangueta, y con ella uno de los platillos d ó e y el eje de la rueda m . Si suponemos que sube el platillo d con la rueda m , tendremos que encajará aquél con el platillo b , que estaba girando con el eje, y por tanto girará ahora el d y su rue-

da dentada n , que á su vez mueve á la m y á su eje. Este eje termina en su extremo opuesto en una rueda de ángulo que, engranando con otra colocada en el extremo de la varilla h , la hace girar en el sentido conveniente. La h tiene á su vez cerca de su extremo inferior un trozo en forma de tornillo sin fin, que engrana con otra rueda dentada colocada en la circunferencia de un círculo unido al vástago del aparato de expansión variable. El trozo de tornillo sin fin está recubierto por una manguilla, que además de servir para guiar verticalmente á aquella varilla, sirve para marcarnos en el círculo, por medio de un índice, el grado de expansión á que trabaja la máquina: esta manguilla s está fija á la caja de distribución por el perno t , y al vástago del aparato de expansión por el centro del índice v .

Esta varilla h puede también ser girada á mano cuando se desee, utilizando un pequeño manubrio que lleva en su extremo inferior, ó un volantito que posee en cualquier punto de su longitud.

Hay otro sistema de reguladores que, bien por la acción de la gravedad, bien por la de resortes, ejercen la misma acción que los de fuerza centrífuga; pero como no podemos ocuparnos de la descripción de todos ellos, lo haremos tan sólo de uno de los que más separan en su forma, disposición y modo de obrar del péndulo cónico, Fig. 114, y que es el regulador de Allen.

Un eje horizontal AB lleva montadas las tres piezas siguientes: un tambor ó cilindro D en que se mueve una rueda de paletas; un disco espiral E en que se arrolla una cadena con un peso variable P , y un piñón F que mueve á un sector G que gira al rededor del punto H , produciendo un movimiento giratorio en la palanca HL . Esta palanca lleva otra LM , que á su vez mueve á la válvula de admisión del vapor Q .

Todo este sistema está en estado de equilibrio; cuando se

altera éste por un aumento ó disminución de velocidad, el piñón *H* hace marchar en uno ú otro sentido al sector *G*, y por consiguiente á la palanca *L M*, que sube ó baja, es decir, abre ó cierra la admisión del vapor que, viniendo por *N*, pasa á la máquina por *R*, y se establece por tanto el equilibrio.

Estos reguladores son tan poderosos en su acción que las mayores variaciones en la potencia ó en la resistencia apenas se hacen sensibles en la velocidad de la máquina.

Ya hemos dicho en la lección xxii lo que se entiende por *manivela* y la manera que tiene de obrar en las máquinas, considerada como órgano de trasformación de movimiento.

Allí la considerábamos como pieza motriz, y ahora vamos á estudiarla no sólo como órgano movido por la biela, á la inversa del estudio anterior, sino también como aparato de regularización del movimiento que ella misma trasforma y transmite.

Se llaman *manivelas simples* aquellas que constan de uno ó más brazos situados en el plano que pasa por el eje sobre que está montada, y *compuestas* las que tienen sus brazos y su eje en planos distintos.

Tanto las unas como las otras pueden ser de *simple* y de *doble efecto*: son de simple efecto cuando la fuerza que actúa sobre la biela no obra sino durante una semi-revolución: son de doble efecto cuando esta fuerza las solicita durante una semi-revolución en un sentido, y durante la otra semi-revolución en sentido contrario.

En la manivela simple de simple efecto y en la simple de doble efecto, hemos visto ya que el trabajo ejecutado por ellas, ó sea la velocidad y la intensidad, son muy distintos en cada uno de los instantes de su marcha, siendo el minimum cero cuando están en los puntos muertos, y el maximum cuando ocupan posiciones en ángulo recto con las anteriores. El traba-

jo, la velocidad que se comunica al eje, es sumamente variable á pesar de ser constante la potencia, y es preciso regularizarla.

Esto se consigue por medio de la manivela doble ó compuesta de doble efecto; es decir, aplicando dos ó más manivelas á este eje, con el fin de que la potencia obre sobre una ó más de ellas cuando no lo hace sobre las restantes. Así, si disponemos una manivela doble de modo que sus dos brazos sean perpendiculares entre sí, tendremos que cuando uno de ellos esté en el punto muerto y no ejerza, por tanto, servicio alguno, el otro brazo estará en la posición correspondiente al máximo de trabajo; á partir de este instante empieza á crecer el trabajo correspondiente al primer brazo, y á decrecer el del segundo, continuando así hasta que éste llega á colocarse en su punto muerto y el primero en su punto máximo, repitiéndose esta misma marcha cuatro veces en cada vuelta ó revolución completa.

De este modo es constante el trabajo y velocidad comunicada al eje, porque siendo ésta la suma de los trabajos y velocidades comunicadas por cada una de las manivelas y bielas, como crece un sumando tanto como decrece el otro, la suma queda invariable.

Si en vez de ser doble la manivela fuese triple, más uniforme sería todavía el trabajo y velocidad transmitida; pero tanto esta manivela como las de mayor número de brazos, no se emplean con frecuencia, porque exigen se multipliquen mucho los puntos de apoyo del eje, y esto debe evitarse en la práctica, por la casi imposibilidad que hay de conseguir situarlos en una línea recta.

Es evidente, que no siendo la excéntrica más que una manivela de dimensiones especiales, todo cuanto hemos dicho respecto á estas, es aplicable á aquellas.

LECCION XXVII.

Volante.—Sus dimensiones y peso.—Frenos.

Cuando se producen algunos movimientos alternativos en la potencia ó en la resistencia, y cuando no es posible conseguir la regularización de las variaciones que tanto una como otra ofrezcan con el empleo de los reguladores y de las manivelas, se echa mano del *volante*. Este consiste en una corona de fundición de hierro, ligada al *cubo* ó *núcleo central* por medio de *brazos* ó *radios*, ó como dijimos en la lección XXI, una rueda de gran peso y diámetro que se coloca sobre el eje que se desea regularizar.

También dijimos en la misma lección la manera de obrar de este aparato almacenando ó reservando la potencia sobrante para devolverla cuando ésta acuse ó revele una disminución ó falta: y que no debe abusarse del empleo del volante, porque produce un gasto de potencia ó de trabajo motor consumido por sus propias resistencias pasivas, que es de importancia y no debe despreciarse.

Para conocer la importancia que tienen las dimensiones y peso de un volante en su modo de obrar, recordaremos que la

fuerza viva de éste es $M v^2 = \frac{P}{g} v^2 = \frac{P}{g} v' r^2$, siendo $v =$

velocidad de un punto de su circunferencia media, v' = velocidad angular, y r = radio.

Por esta fórmula vemos que la fuerza viva crece en proporción al aumento del peso P , pero que crece mucho más rápidamente por el aumento del radio, toda vez que este crecimiento es proporcional al cuadrado del mismo radio.

Pero las resistencias pasivas propias del volante, como son, entre otras, el rozamiento de su eje en sus coginetes, crecen también á medida que aumenta P ; de modo, que si bien es cierto que aumentando el peso del volante aumentamos su efecto, regularizando más la potencia, acrecemos también en cambio, y de un modo perjudicial, el trabajo consumido por las resistencias pasivas, ó sea que disminuimos el trabajo motor. De manera, que el peso del volante hay que determinarlo de modo que su buen efecto no quede neutralizado por el consumo de fuerza que ocasiona.

Esto se consigue haciendo á P lo más pequeño posible y á r todo lo más grande que se pueda; pero tampoco á r podemos darle un valor excesivo, porque entonces la fuerza centrífuga desarrollada podría ser mayor que la fuerza de cohesión de las moléculas que componen la masa del volante, y producir su rotura.

* El peso de la corona de un volante cuando el eje en que está montado esté movido por una manivela de simple efecto, se calcula por la fórmula

$$P = \frac{12.162}{m v^2} n N, \text{ en la que } P = \text{peso,}$$

m = número de vueltas que da el receptor de la potencia en un minuto, ó sea la manivela,

N = número de caballos de vapor que contiene el motor,

n = la alteración máxima de velocidad que se quiera tolerar, y á partir de la cual empieza á ejercer su acción el volante:

así $n = 10$ $n = 100$, si queremos que la velocidad no aumente en más de $\frac{1}{10}$ $\frac{1}{100}$ de la normal.

$v =$ velocidad media del volante.

* Si el eje está movido por una manivela de doble efecto, será $P = \frac{2323}{m v^2} n N$; es decir, que en este caso el peso del volante será $\frac{1}{5}$ próximamente del anterior.

* Una vez sabido el peso del volante, se determina su radio calculando el volumen de su corona. En efecto; sabemos que el peso de un cuerpo es igual á su volumen multiplicado por su densidad.

* Supongamos que la corona sea de sección rectangular, y que a y b sean los dos lados de este rectángulo, ancho y grueso de la corona, y que r sea el radio medio, tendremos que $2 \pi r \times a \times b$ será el volumen de la corona, y que sea ésta de fundición de hierro que pesa ó tiene por densidad 7,5, el peso de esta corona será $2 \pi r a b \times 7,5$.

Si llamamos P al peso de la corona del volante y calculamos que el cubo y los radios valen $\frac{1}{3}$ de P , tendremos que

$$P + \frac{1}{3} P = 2 \pi r a b \times 7,5 \text{ ó sea}$$

$$\frac{3}{4} P = 2 \pi r a b \times 7,5 \text{ ó } P = \frac{3}{4} 2 \pi r a b \times 7,5$$

$$P = 11,25 \pi r a b \text{ y por consiguiente}$$

$$r = \frac{P}{11,25 \times 3,14 \times a \times b}$$

en donde dando á P a y b los valores de cada caso particular, tendremos el valor del radio medio del volante.

* También puede determinarse el peso de un volante por la fórmula $P = C \frac{K N}{n V^2}$ en la que

$C =$ coeficiente que varía según la clase de máquina



$K =$ Id.. de sensibilidad igual á 30 ó 40 vueltas en las máquinas de talleres, desagüe, etc., y 40 á 80 en las de hilados,

$N =$ fuerza en caballos de la máquina,

$n =$ número de revoluciones,

$V =$ velocidad media de la corona ó llanta.

El valor de C se determina en cada caso particular por medio del siguiente cuadro, formado por Charbonier y Morin, en el supuesto de que la longitud de la biela es igual á 5 veces la manivela; si no fuese la biela más que 4 veces la manivela, se aumentan en 300 los valores de C , y si fuese igual á 6 veces, se disminuyen en 200.

VALORES DE C.

Máquinas sin condensación.—Un cilindro.

Grados de la expansión.	DE ACCIÓN DIRECTA.			DE BALANCIN TIPO WATT.		
	SENCILLAS.			SENCILLAS.		
	Charbonier.	Morin.	Conjugadas.	Charbonier.	Morin.	Conjugadas.
1	5.700	5.592	1.580	5.620	5.528	1.560
2	7.130	—	1.400	6.960	6.974	1.410
3	8.190	—	1.750	7.960	7.950	1.650
4	9.260	8.597	2.070	9.010	8.913	1.920
5	10.280	—	2.370	10.040	9.695	2.240
6	11.440	—	2.660	11.270	10.650	2.460

MÁQUINAS DE CONDENSACIÓN.

1	—	5.592	1.531	—	5.528	—
3	—	6.663	—	—	7.203	—
4	7.810	—	1.770	7.640	7.618	1.600
5	—	7.620	1.818	—	7.843	—
6	8.540	—	2.010	8.300	8.103	1.870
7	—	—	—	—	8.315	—
8	9.180	—	2.210	8.940	8.450	2.100
10	9.770	—	2.370	9.620	—	2.230

MÁQUINAS WOOLF CON BALANCIN.

Relación del volumen de los cilindros.	4,5	6	4		
Expansión en el cilindro menor.	0	0	2	3	4
Id. total.	4,5	6	8	12	16
Valor de C. { Máquinas simples.	5.510	5.530	5.960	7.900	9.320
{ Id. conjugadas.	1.520	1.570	1.450	1.550	1.820

Cuando se quiere regularizar la acción de la potencia por medio de la variación en el valor de la resistencia, y más todavía en el caso en que se desee anular momentáneamente un crecimiento rápido de la potencia, ó una disminución instantánea de la resistencia, ó parar *incontinenti* el movimiento de la máquina, se usan los aparatos que se denominan *frenos*.

Estos no tienen otro objeto que producir en el momento deseado un aumento de resistencias pasivas de la magnitud que en aquel mismo instante desee el encargado de manejarlos.

Cuando por medio de una plancha colocada bajo la rueda de un carruaje convertimos su movimiento giratorio en rectilíneo, dando lugar á la transformación del rozamiento por rodadura en rozamiento por resbamiento, es evidente que las resistencias pasivas causadas por el traslado del carruaje, se habrán aumentado en mucho, y por tanto, no podrá la fuerza de potencia ó caballería arrastrarle con la misma velocidad que antes.

Si al cubo de una rueda de carruaje se aplica una galga, ó sea una palanca de segundo género, sabemos todos que según se apriete, más ó menos contra el cubo, así se aumenta más el rozamiento, hasta llegar al punto de conseguir impedirle girar y hacer que resbale sobre el suelo.

Tanto la plancha como la galga, son dos *frenos*, toda vez que su objeto no es más que el de enfrenar ó refrenar la acción del motor. Otro freno muy usual en los carruajes, sobre todo en los wagones de ferro-carril, es el siguiente, Fig. 115:

En un eje *a* montado sobre la barra *b c* se mueven las palancas *a d*, que á su vez ponen en movimiento á las barras *dd*, articuladas en sus dos extremos, que aproximan ó separan á las llantas los tacos ó trozos de madera, que por su rozamiento contra aquellos producirán la disminución ó anulación de velocidad, según que se aprieten más ó menos fuertemente:

esta presión se trasmite por medio de la barra $m n$, que se articula y mueve á una palanca $a m$, montada en el mismo eje que las otras dos. Según que el movimiento rectilíneo de $m n$ se verifique en un sentido ó en otro, así los tacos de madera se aproximarán ó alejarán de las ruedas; y que cuanto mayor sea la intensidad de la fuerza aplicada y transmitida por $m n$, mayor será la presión que se ejercerá por el taco sobre la llanta, y mayor, por tanto, el rozamiento originado.

El freno que se usa en las máquinas consiste en una lámina de acero cubierta por una de sus caras por un forro ó serie de tacos de madera que vienen á rozar sobre la corona del volante ó de otra rueda de la máquina.

Entre las muchas disposiciones que pueden adoptar, tres de las más principales son las siguientes:

1.º Fig. 116. A un volante ó rueda O se aplica en casi toda ó la mayor parte de su circunferencia la lámina de acero con los tacos de madera $a e c$, que está articulada á la palanca $b a c d$ por sus dos extremos a y c . Esta palanca gira al rededor del punto fijo a , y lleva en su extremo b un contrapeso que equilibra el peso de la barra $a d$ para que su manejo sea más fácil, menos pesado. Es evidente que al aplicar en d una fuerza que haga subir ó bajar este extremo, subirá ó bajará también, aunque en menor espacio, el punto c , y por tanto, la lámina se separará ó se aplicará á la llanta ó corona de la rueda, ocasionando en este último caso un rozamiento de gran importancia. La longitud de los brazos $a c$ y $a d$ de la palanca se calculan de modo que la simple fuerza de un hombre sea bastante para ocasionar una presión tal sobre la superficie de la lámina en contacto con la rueda, que se produzca por el rozamiento engendrado un trabajo que sea, por lo ménos, igual al de la potencia en el momento de mayor incremento de ésta, y de este modo el maquinista puede parar instantáneamente el movimiento de la máquina.

2.^a Otras veces, Fig. 117, la lámina de acero no abarca más que una semi-circunferencia del volante, y su disposición es análoga en todo lo demás. $A B C$ es la lámina fija en articulación en A y en C : una palanca $C D$ determina su aproximación ó separación á el volante.

Tanto esta disposición como la anterior, se colocan en las máquinas de modo que puedan ser puestas en acción sin necesidad de que el maquinista se mueva de su puesto ni necesite el uso de sus manos, que debe conservar libres para manejar las llaves ó palancas de admisión de la potencia, la palanca del cambio de marcha, las grifos, etc., etc.: por esta razón, esta clase de frenos es movida por el pié del maquinista en unos, y en otros es preciso que el maquinista separe su pié; es decir, deje de ejercer presión sobre la palanca para que el freno éntre en acción. Para disponer los frenos según este deseo, basta sólo agregar á los descritos una palanca que cambie la dirección del movimiento y que mueva el contrapeso ó peso que ocasiona el rozamiento ó aplicación del freno. Así, si la palanca $A B$, por sí sola, Fig. 118, ó por medio de un peso adicional, produce la parada de la rueda O en marcha plena, bastará articularle en B otra palanca $B c$ que, apoyándose en D , producirá el cambio de movimiento deseado, pues colocado el maquinista sobre C , el punto B se eleva y el freno deja de ejercer su acción.

Cuando la acción que ha de ejercer el freno ha de ser muy poderosa, no siendo bastante la acción del peso ó fuerza del hombre para conseguirla, se emplea el tornillo como medio de aumentar la acción de la potencia, Fig. 119. La lámina de acero $a b c$ que rodea la llanta de la rueda se une por sus dos extremos $a c$ á un tornillo $m n$, que se mueve por medio de un manubrio p dentro de su tuerca fija invariablemente q .

Cuando la acción del freno ha de ser todavía más potente, y sobre todo cuando su acción ha de ser más rápida, hasta el

punto de llegar á ser instantánea, se emplean estos mismos frenos, movidos por la acción del vapor.

Dos largueros, Fig. 120, *A B* y *C D*, unidos por un travieso *B C*, llevan los dos tacos de madera; estos largueros tienen un cierto juego al rededor de *B* y *C*: una palanca *F E* que gira al rededor de *F*, une al larguero *A B* con el vástago del pistón motor por medio de la biela ó barra *A E* articulada en *A* y *E*: el otro larguero *C D* se articula directamente á el vástago del pistón en *D*.

Al moverse el pistón en sentido de la flecha, los dos largueros ejercen su acción sobre el volante ó rueda *O*.

Otro freno de vapor cuyo modo de obrar se comprende con sólo la inspección de la figura, es el que va marcado con el número 121.

LECCION XXVIII.

Aparatos hidráulicos.—Definición y división.—Descripción de las ruedas verticales de paletas planas y de paletas curvas.

Se llaman *aparatos hidráulicos* aquellos que ejercen su trabajo aprovechando la fuerza de gravedad que actúa sobre el agua.

Cuando el agua se coloca sobre un plano inclinado, desciende por él en virtud de la gravedad que obra sobre las moléculas del agua; es decir, cayendo, de la misma manera que cae cuando se abandona en el espacio á la acción de esta fuerza.

En esta caída el agua habrá desarrollado un trabajo igual al producto del peso del agua que cae en cada unidad de tiempo por el camino recorrido en esta misma unidad.

Este trabajo motor ó de la potencia es el que se trata de aprovechar en los aparatos ó receptores hidráulicos. Estos son de dos clases: receptores ó ruedas verticales y receptores ó ruedas horizontales. Ambos deben llenar las dos condiciones siguientes: 1.^a Que el agua ejerza su acción en ellos sin choques, y 2.^a Que al dejar de obrar, ó sea al salir de la rueda, no tenga más velocidad que la de esta misma rueda, porque

esto significa que el agua ha gastado toda su acción por completo en la rueda.

Ambas condiciones tienden á conseguir el máximo de trabajo útil, y por tanto, deben ser cumplidas con la mayor exactitud posible por todos los receptores.

Empezando el estudio por las ruedas ó receptores verticales, describiremos en primer lugar la *Rueda vertical de paletas planas*.

Esta consiste, Fig. 122, en una rueda de madera de ancha corona *A* montada sobre un eje *B* horizontal: en esta corona, y como prologación de los radios, van unos brazos salientes equidistantes entre sí, *ab*, á los que se clavan tablas *cc*, formando la paleta.

El agua obra en esta rueda casi exclusivamente por su choque contra las paletas, y solamente en algunas de ellas obra por su peso.

La velocidad más conveniente en esta rueda es en su circunferencia la mitad de la que posee el agua, como máximo, pues la velocidad práctica ordinaria debe ser $\frac{2}{3}$ de la del agua.

Las paletas deben ajustar lo más exactamente posible á la obra de fábrica, con el objeto de que el agua no se marche por estos huecos sin haber ejercido su acción; pero al mismo tiempo ha de precaverse cualquier movimiento impensado de la rueda, la deformación natural con el uso y la hinchazon de los materiales, por todo lo cual se deja un juego de dos á tres centímetros.

Estas ruedas no se emplean más que en caidas de agua de muy poca altura, y disponiendo ésta de modo que el espesor del agua que pasa por *C* sea de 0,^m25 á lo sumo. El diámetro de esta rueda es el doble de la altura de caída, más tres veces el espesor de la lámina de agua en *C*, ó sea en el vertedero.

* El ancho del vertedero se determina por la cantidad de

agua que hay disponible y por la altura escogida para la lámina de agua, con el auxilio de tablas á propósito.

Así, por ejemplo: si tenemos un caudal de 498 litros, con una altura de caída de 1,20^m y escojemos 0,20 para espesor de la lámina de agua, buscaremos en la tabla siguiente á cuantos litros corresponde esta cifra 0,20, y hallaremos que es 166 litros la cantidad de agua que pasa por cada segundo sobre una

presa de un metro de ancho: luego $\frac{498}{166} = 3$ metros = anchura de la presa y 3,10 met. anchura de la rueda, pues tiene 0,10 más que aquella.

El diámetro de la rueda es

$$2 \times 1,20 + 3 \times 0,20 = 2,40 + 0,60 = 3,00.$$

Su circunferencia $3 \times 3,14 = 9,42$.

La distancia que separa dos paletas $= 0,20 + \frac{0,20}{3} = 0,26$.

El número de paletas $= \frac{9,62}{0,26} = 36,23$, ó sea 36.

El largo del brazo en sentido del radio debe ser tal, que el volúmen de la capacidad que forma la paleta y la corona de la rueda sea por lo ménos igual al volumen de agua que cae sobre ella. El volumen de la capacidad formada es igual al ancho de la paleta, multiplicada por la separación de cada dos, y multiplicada por el largo del brazo, ó sea $3,1 \times 0,26 \times B$. Y como hemos dicho que la velocidad de la rueda debe ser 0,99 mitad de la del agua, claro es que la paleta sólo recojerá en igual tiempo la mitad de la que pasa por el vertedero, ó sea $\frac{166}{2} = 83$ litros.

Luego $3,10 \times 0,26 \times B = 0,083$

y $B = \frac{0,083}{3,10 \times 0,26} = \frac{0,083}{0,806} = 0,10 =$ Brazo de la paleta,

cuyo valor se aumenta en algunos centímetros para mayor seguridad.

El trabajo útil efectuado por estas ruedas varía entre 0,40 y 0,60 del trabajo motor, según la menor ó mayor perfección seguida en su construcción. En el ejemplo anterior, el trabajo útil, admitiendo el coeficiente 0,40, será

$$498 \times 1.20 \times 0,40 = 2,39 \text{ Kgm.} = 3,20 \text{ cab. vap.}$$

77.0	01	01	2
080	12	02	6
111	18	03	11
133	24	04	17
155	30	05	23
177	36	06	30
200	42	07	37
222	48	08	44
244	54	09	51
266	60	10	58
288	66	11	65
310	72	12	72
332	78	13	79
354	84	14	86
376	90	15	93
398	96	16	100
420	102	17	107
442	108	18	114
464	114	19	121
486	120	20	128
508	126	21	135
530	132	22	142
552	138	23	149
574	144	24	156
596	150	25	163
618	156	26	170
640	162	27	177
662	168	28	184
684	174	29	191
706	180	30	198
728	186	31	205
750	192	32	212
772	198	33	219
794	204	34	226
816	210	35	233
838	216	36	240
860	222	37	247
882	228	38	254
904	234	39	261
926	240	40	268
948	246	41	275
970	252	42	282
992	258	43	289
1014	264	44	296
1036	270	45	303
1058	276	46	310
1080	282	47	317
1102	288	48	324
1124	294	49	331
1146	300	50	338
1168	306	51	345
1190	312	52	352
1212	318	53	359
1234	324	54	366
1256	330	55	373
1278	336	56	380
1300	342	57	387
1322	348	58	394
1344	354	59	401
1366	360	60	408
1388	366	61	415
1410	372	62	422
1432	378	63	429
1454	384	64	436
1476	390	65	443
1498	396	66	450
1520	402	67	457
1542	408	68	464
1564	414	69	471
1586	420	70	478
1608	426	71	485
1630	432	72	492
1652	438	73	499
1674	444	74	506
1696	450	75	513
1718	456	76	520
1740	462	77	527
1762	468	78	534
1784	474	79	541
1806	480	80	548
1828	486	81	555
1850	492	82	562
1872	498	83	569
1894	504	84	576
1916	510	85	583
1938	516	86	590
1960	522	87	597
1982	528	88	604
2004	534	89	611
2026	540	90	618
2048	546	91	625
2070	552	92	632
2092	558	93	639
2114	564	94	646
2136	570	95	653
2158	576	96	660
2180	582	97	667
2202	588	98	674
2224	594	99	681
2246	600	100	688

GASTO DE AGUA PARA UN METRO DE ANCHURA.

Espesor de la lámina de agua. — <i>Centímetros.</i>	VERTEDERO. — <i>Lits por segundo.</i>	PRESA. — <i>Lits. por segundo.</i>	VELOCIDAD. — <i>Metros.</i>
3	10	10	0,77
5	20	21	0,99
7	32	34	1,17
9	47	50	1,33
11	64	68	1,47
13	82	87	1,60
15	101	108	1,72
17	121	130	1,83
19	143	154	1,93
20	154	166	1,98
22	176	192	2,08
24	202	219	2,17
26	226	247	2,26
28	253	276	2,34
30	280	306	2,43
32	309	337	2,50
34	338	369	2,58
36	368	402	2,66
38	399	436	2,73
40	431	471	2,80
42	463	506	2,87
44	497	543	2,94
46	531	581	3,00
48	567	619	3,07
50	603	658	3,13
60	791	864	3,43
70	998	1090	3,71

Con el fin de disminuir la pérdida de trabajo ocasionada por el choque del agua sobre las paletas, se inclinan éstas hacia adelante sobre el radio, si el agua la reciben como antes hemos dicho, en un plano perpendicular al eje, é inclinadas sobre las caras laterales ó coronas formando ángulos de 45° si la acción del agua la reciben en plano paralelo al eje. Con estas modificaciones, y con una construcción esmeradísima, alcanzan estas ruedas á producir el 0'70 del trabajo motor.

Pero ninguna de ellas produce el resultado que se obtiene si á la paleta se da una forma conveniente para que el agua, al ponerse en contacto con ella, resbale sin choque alguno en su descenso, y sea abandonada por la paleta sin velocidad mayor que la misma que posee la rueda; es decir, si se da á las paletas una forma curva.

Estas paletas van comprendidas entre dos coronas anulares ó ruedas montadas sobre el eje, que tienen por objeto evitar que el agua se escape lateralmente. El ancho de estas coronas en sentido de su radio, es mayor que la cuarta parte de la caída del agua: su separación, ó sea el ancho de la rueda, es también 0'10 mayor que el ancho del vertedero. El canalizo, ó sea la obra de fábrica, dentro de la cual se mueve la rueda, ha de tener su fondo tangente á la circunferencia exterior de ésta, dejando sólo de 0'01 á 0'02 de juego ó hueco, y desde este punto de tangencia se encurva concéntricamente con la rueda.

La curvatura de las paletas es indiferente, con tal que sea continua se una casi tangencialmente con la circunferencia exterior de la corona de la rueda, y sea normal á la circunferencia interior de la misma.

Regularmente se hacen circulares y su radio se determina del modo siguiente: Fig. 123, en un punto a de la circunferencia exterior, se tira una tangente y se traza una línea incli-

nada 30° que encuentra á la circunferencia interior en el punto b , desde donde como centro y con el radio ba se traza la paleta ac .

La velocidad en estas ruedas puede ser algo mayor de la mitad de la del agua, y su efecto util los 0,75 del efecto teórico ó motor. Su diámetro suele ser triple de la altura de caída.

Cuando la altura de caída del agua excede 2,5 á 3 metros, como ya tendría que ser excesivo el diámetro de estas ruedas, no es conveniente su empleo, y se sustituyen por las llamadas de *cajones*, Fig. 124.

Estas ruedas constan de dos coronas laterales montadas sobre el eje, que comprenden unos cajones destinados á recibir el agua. El peso del agua encerrada en los cajones es lo que determina el movimiento giratorio de la rueda.

El ancho de la rueda se determina como ya hemos dicho en la de paletas; su diámetro tiene que ser igual á la altura de la caída, disminuida en el juego que ha de dejar la corona exterior entre la lámina de agua por arriba y el fondo del canalizo ó desagüe por abajo, que viene á ser de 0,^m10 para el primero y 0,20 para el segundo, ó sea $H - 0,30$.

La velocidad de esta clase de ruedas debe ser también la mitad de la que posee el agua, ó algo inferior, y de este modo, cuando el agua empieza á derramarse de los cajones, momento que con esta condición se ha retrasado todo lo posible, lo hace con una velocidad sensiblemente igual á la de la rueda. Para conseguir también que el derrame de los cajones se retrase más, se procura que cada uno no recoja más agua que la mitad del volumen de su capacidad.

El número y forma de los cajones se determina del modo siguiente, Fig. 125. Sean abc y de las circunferencias que limitan la corona de la rueda, fg otra trazada con un radio

$og = Oc - 0,65 ec$, *hi* otra trazada con un radio $\frac{Oc + Oe}{2}$; si desde un punto cualquiera *a* tiramos una tangente al círculo *fg*, esta línea cortará al círculo *hi* en un punto *m* que unido con el centro *O* nos dará la forma y dimensiones del cajón *amn*.

Para determinar la distancia que separa á un cajón de otro, trazaremos desde *m* un arco de círculo con un radio igual al espesor de la lámina de agua sobre el vertedero, aumentado en la cuarta parte de este mismo espesor y en el grueso de las paredes del cajón; tiraremos una tangente *bpq* á los dos círculos, éste y *fg*, y el punto *p* en que corta á la circunferencia *hi*, unido con *O*, dará el segundo cajón; luego dividiendo la circunferencia *de* por *ur* ó la *abc* por *ab*, tendremos el número de cajones que ha de contener la rueda.

Es evidente que $ec = Oc - Oe$, ó sea la profundidad de la corona, hay que determinarla antes, y que esto se hará valiéndose de la condición antes dicha, que el volumen de agua del vertedero ha de ser mitad del que quepa en los cajones, ó sea que el volúmen de esta corona ha de ser por lo ménos doble del del agua gastada.

El agua que cada cajón recibe será $\frac{60 G}{N n}$ siendo *G* la cantidad de agua disponible en el vertedero, *N* el número de vueltas de la rueda y *n* el número de cajones que tiene. *

* Será $G = A \frac{V}{S}$ $A = \frac{S}{V} G$ y $S = \frac{2 \pi r}{n}$ y $v = \frac{2 \pi r N}{60}$

luego $A = \frac{\frac{2 \pi r}{n}}{\frac{2 \pi r N}{60}} G = \frac{60 G}{N n}$ siendo *S* la separación de los cajones.

Esta clase de ruedas es muy util cuando los saltos de agua no son de gran altura; su construcción es sencilla, y su trabajo util llega á ser hasta el 0,80 del trabajo teórico.

LECCION XXIX.

Turbina Fourneyron.—Turbina Jonval ó Koechlin.

Las *turbinas* son ruedas horizontales, de eje vertical por consiguiente, que presentan grandes ventajas sobre las ruedas verticales, según veremos en el estudio que haremos de dos de ellas que tomaremos como tipos.

La primer turbina que se construyó ofreciendo buenos resultados, fué la debida á Mr. Fourneyron, Fig. 126, que consta de un cilindro $a b c d$, situado en la parte inferior $x z$ del canal de entrada del agua.

Este cilindro no tiene tapa superior, y en toda su superficie lateral tiene una abertura $b c$.

En frente de ella se dispone una corona anular de paletas curvas, ó sea una rueda de paletas curvas $e e$, que en vez de estar unida á su núcleo ó cubo por medio de los radios ó brazos ordinarios, está montada sobre el eje g por intermedio de los brazos y cubo f , que forman un fondo ó casquete: este eje descansa en el pivote i , que se sube ó se baja por medio de una palanca $l k$, que se apoya en l y se mueve desde arriba por medio de una barra articulada en k , para colocar enfrente de esta abertura á la corona e . Este pivote se engrasa por medio

del aceite que le lleva un tubito que está dentro del tubo hueco que contiene al eje g .

Si consideramos ahora colocado todo este aparato sumergido en el canal de entrada del agua motriz, comprenderemos fácilmente su movimiento con sólo considerar que el agua penetra libremente en el cilindro $a b c d$ por su parte superior, que sale libremente también por la abertura circular $b c$, en el sentido que marcan las flechas: que este agua choca contra las paletas curvas de la corona $e e$, y ésta gira en su virtud, obligando á hacer lo mismo al árbol g . El agua que ya ha prestado su efecto útil abandona la corona saliendo en el sentido g al canal de salida, que está debajo del mismo canal de entrada.

Con objeto de aumentar ó disminuir el trabajo de esta rueda, es decir, de hacer mayor ó menor la cantidad de agua motriz que obre sobre las paletas curvas, hay en toda la abertura $b e$ una compuerta circular $n n$, que por medio de la varilla p se hace subir ó bajar para aumentar ó disminuir el agujero de salida del agua.

Con el objeto de que se aproveche mejor la acción del agua sobre las paletas, no se deja que ésta se dirija libremente hacia ellas desde el cilindro $a b c d$, sino que se colocan dentro de éste unos tabiques fijos encorvados $a o$, $b o$, $c o$, $m n$, á manera de las paletas, pero en sentido contrario que ellas, Fig. 127. De esta manera se evita el choque del agua á su entrada en la corona, y se consigue que al abandonarla tenga una velocidad igual á la de la misma corona.

Vemos, pues, que en esta turbina se cumplen las dos condiciones esenciales de todo buen aparato ó motor hidráulico; pero además de estas condiciones tiene otras que le hacen superior á las otras ruedas ya estudiadas.

En efecto, en esta rueda el agua marcha siempre sobre las paletas en el mismo sentido, del interior al exterior, y las can-

tidades excesivas de agua que vienen á obrar no se estorban en nada unas á otras: al mismo tiempo sucede que como obra en todas las paletas á la vez, no hay presión alguna lateral, porque todas las ocasionadas se equilibran, y por tanto, el eje no tiene rozamiento ni en su pivote ni en sus coginetes, anillos ó guías. Por último, esta clase de ruedas trabajan con caudales muy variables de agua, porque en ellas no existe el temor de que se *ahoguen ó inunden*, como sucede con las anteriores, toda vez que siempre trabajan *ahogadas ó inundadas*, y aprovechan absolutamente toda la altura de caída, porque se sitúan en el canal de salida.

Para hacer más patente la universalidad de aplicación á toda clase de salto de agua de esta clase de ruedas, citaremos los dos ejemplos que indica Mr. Delaunay: una de ellas está aplicada á recibir un salto de agua de 108 metros de altura, efectúa 2.300 revoluciones por minuto, tiene 0,55 de diámetro y desarrolla un trabajo útil de 40 cab. vap., ó sean 0,75 del trabajo motor. La otra se mueve por un salto de agua variable de 1,15 metros de altura á 0,31, y utiliza cuando la altura es 1,15, 0,75, cuando es 0,62 metros aprovecha 0,66, y cuando es 0,31 produce 0,60 del trabajo teórico.

Hemos dicho que la turbina Fourneyron aprovecha toda la altura de caída disponible, y ahora diremos que con la turbina Jonval, construida por Koechlin, se aumenta esta altura disponible utilizando el principio de física siguiente: si un tubo, Fig. 128, *a b* se estrecha en un punto *c* que diste de *b* menos de 10,33 metros: el agua que entrando por *a* sale por *b*, tiene al pasar por *c* una velocidad correspondiente á la altura total del tubo *a b*.

El agua entra por el tubo *e*, Fig. 129, que la trae del canal de entrada, penetra en el cilindro *a b c d*, obra sobre la rueda de paletas *f* haciéndola girar, y cae por el tubo *f g*, sa-

liendo por su boca g . La altura de caída del agua, y por consiguiente la fuerza motriz, es la correspondiente á la suma de la altura del canal de entrada sobre $c d$ y á la altura $f g$.

El tubo $f g$ lleva en su boca inferior g una tapadera ú obturador que gira al rededor del eje horizontal h y que es movida desde arriba por medio de la barra $h i$ y de la palanca $i h$, á fin de cerrar ó abrir más ó ménos esta boca para dar más ó menos salida al agua; cuando está completamente cerrada, la máquina no funciona, y cuando está abierta del todo produce su máximo trabajo. Esta tapadera sirve, pues, de regulador de la turbina.

Otra particularidad de esta turbina es la disposición de su eje ó árbol motor, que como se vé en la figura, no descansa en su pivote sumergido en el canal de salida, sino en un juego de tres poleas ó rodillos colocados en la parte superior, y por consiguiente, de fácil inspección y manejo, que evita los inconvenientes para engrase y sustitución por desgaste de los pivotes sumergidos.

* Para calcular las dimensiones de una turbina, daremos la siguiente regla práctica. Se multiplica el gasto de agua, ó sea la cantidad de agua disponible en metros cúbicos, por 1,4, y el producto se divide por la raíz cuadrada de la altura de caída; se extrae la raíz cuadrada de este cociente, y este es el diámetro interior. El diámetro exterior es igual al interior, multiplicado por 1,35. La altura de las paletas es $\frac{1}{3}$ del diámetro interior.

Ejemplo. Gasto de agua, 400 litros = $0^m 400$, altura de caída = 4 metros.

$$0,400 \times 1,4 = 0,56, \quad \frac{0,56}{\sqrt{4}} = 0,28, \quad \sqrt{0,28} = 0,50 = d$$

$$D = 0,50 \times 1,35 = 0,675 \quad A \text{ de } p = 0,10.$$

La velocidad del agua correspondiente á la altura de su cai-

da se determina por la fórmula $v = \sqrt{2gh}$ ó por el siguiente cuadro.

ALTURA de la caída en metros.	VELOCIDAD correspondiente.	ALTURA de la caída en metros.	VELOCIDAD correspondiente.
0,01	0,44	2,00	6,26
0,03	0,77	2,50	7,00
0,05	0,99	3,00	7,67
0,10	1,40	3,50	8,29
0,15	1,71	4,00	8,86
0,20	1,98	5,00	9,90
0,25	2,21	6,00	10,84
0,30	2,43	7,00	11,71
0,40	2,80	8,00	12,52
0,50	3,13	9,00	13,28
0,60	3,43	10,00	14,00
0,70	3,71	12,00	15,34
0,80	3,96	14,00	16,57
0,90	4,20	16,00	17,71
1,00	4,43	18,00	18,79
1,50	5,63	20,00	19,81

LECCION XXX.

Cadenas de arcaduces.—Cadena de rosario.—Tornillo de Arquimedes.

Los aparatos hidráulicos estudiados, tienen por objeto aprovechar la fuerza motriz del agua, y los que vamos á estudiar ahora, se proponen como fin principal elevar el agua á una cierta altura determinada de antemano. Para conseguirlo, hay que disponer forzosamente de una fuerza motriz que ponga en movimiento estos aparatos y que venza la resistencia que ofrece la ascensión del agua. En los aparatos anteriores, la potencia era la fuerza de gravedad del agua, y la resistencia el mecanismo movido por el arbol de la rueda empleada: en los aparatos que vamos á estudiar, la potencia es la fuerza disponible que actúa en el arbol de la rueda, y la resistencia es la gravedad del agua.

Las dos máquinas más sencillas para elevar agua son: la cadena de arcaduces y la de rosario.

La *cadena de arcaduces* consiste en una cadena ó cuerda sin fin que pasa por la circunferencia de dos ruedas, una superior y otra inferior: á esta cadena van atados unos *cangilones* ó *arcaduces*, que no son más que una capacidad de forma y volumen cualquiera que se llenan de agua, la elevan hasta el pun-

to deseado por virtud del movimiento giratorio de la rueda, que ocasiona el longitudinal de la cadena, á modo de correa sin fin, y una vez alcanzado el nivel superior, la vierten en un depósito convenientemente dispuesto, Fig. 130.

Cuando se usan cadenas sin fin, los arcaduces suelen ser también de hierro; pero cuando se emplean cuerdas de esparto ó de cáñamo, entonces son de madera ó de barro.

Todos los cangilones tienen en su fondo un pequeño agujero descubierto, ó cubierto con una válvula esférica ó bola de arcilla cocida que ajusta sobre este agujero, cerrándole por completo.

El papel que desempeña este orificio es el de dar salida al aire contenido en el cangilón cuando baja vacío y se introduce en el agua; si este agujero no existiese, el aire comprimido por el agua ofrecería una resistencia cada vez mayor á medida que bajase más el arcadúz, y éste nunca se llenaría por completo quedando algún aire dentro de él, que saldría con violencia al empezar el arcadúz la marcha ascendente.

Con estos aparatos hay que elevar el agua á una altura b algo mayor que la que realmente se necesita a , altura que viene á ser próximamente igual al radio de la rueda.

La relación entre el trabajo útil y el trabajo desarrollado, ó sea el coeficiente de aprovechamiento, es de 0,50 á 0,65, por más que en algunas muy perfectas llegue á 0,80.

La rueda inferior ó sumergida es muy frecuente que no exista en las norias, porque el propio peso de la cadena y del agua que eleva mantiene en perfecta verticalidad y en completa separación á las dos ramas de la cadena sin fin.

Estas máquinas se emplean con suma frecuencia no sólo para regar los campos, constituyendo las norias y molinos de riego, si que también en los talleres de preparación mecánica de los minerales para elevar éstos á los molinos de trituración y á las cribas clasificadoras; en las fábricas de harina para ele-

var los productos de la molienda á los tornos separadores de harinas y salvados; en las dragas para extraer del fondo del mar ó de los rios los depósitos de arenas ó materiales sueltos que disminuyen la profundidad ó altura de agua necesaria para el paso de los buques, y en otras muchas aplicaciones que no son para indicadas detalladamente.

El rosario hidráulico no es más que una cadena sin fin de eslabones grandes *c d* que lleva de trecho en trecho unos discos *a b* fijos y perpendiculares á cada eslabón, Fig. 131.

Esta cadena pasa y es movida por una rueda de brazos, y los discos pasan en su movimiento de subida por dentro de un tubo *f g* de diámetro algo mayor que el de los discos, y que entra por su extremo inferior dentro del agua que se ha de elevar y que ha de verter por su extremo superior *f*.

El agua es elevada por los discos, que al entrar en el tubo aislan la cantidad de agua que hay dentro de él, por virtud de la inmersión de su extremo, y esta porción de agua es ya subida por el disco hasta que sale del tubo y la abandona.

Como los discos son de menor diámetro que el tubo, hay que procurar que esta diferencia sea lo más pequeña posible, á fin de que el agua que se eleva no caiga por este hueco circular: cuando esto se tiene presente llega á conseguir elevarse los $\frac{5}{6}$ de la que se extrae.

El coeficiente de aprovechamiento es 0,40. Tanto esta máquina como la anterior, pueden funcionar verticalmente ó en un ángulo cualquiera con el horizonte.

Otra de las máquinas que se emplean para elevar el agua ó las sustancias en polvo á corta altura, es la llamada *tornillo de Arquímedes*, cuyo fundamento es el siguiente:

Si á un filete de tornillo aplicamos un tubo ajustándolo exactamente á él, y despues de haber sumergido su parte in-

ferior en un depósito de agua, de modo que sólo una parte de la circunferencia quede cubierta, hacemos girar á este tornillo por medio de un manubrio colocado en su cabeza ó parte superior, Fig. 132, el extremo ó boca *a* del tubo, estará un tiempo dentro del agua y otro tiempo fuera; durante el primer período entra agua en el tubo, durante el segundo entra aire. El agua contenida en el tubo siempre ocupa la parte inferior de la espira, y como á cada vuelta del cilindro pasa una espira, resulta que el agua habrá adelantado el paso del tornillo.

A cada vuelta se introduce nueva cantidad de aire y nueva cantidad de agua, y se repite el mismo fenómeno; de modo que las cantidades sucesivas de agua que han entrado en el tubo están separadas por las cantidades sucesivas de aire que han ido entrando también alternativamente con aquellas.

Conocido ya el principio en que descansa este aparato, veamos como se disponen estas máquinas en la industria.

Constan, Fig. 133, de un cilindro interior llamado *cubo a b*, en el cual está el eje de movimiento; de una hélice ó filete de tornillo *c d* unido al cubo, y de un cilindro exterior *m n m n*, fijo en sus bordes exteriores y abierto por sus bases: de este modo, como el aire circula libremente por el interior, no hay precisión de dejar sin sumergir toda la base inferior; de modo, que aunque ésta esté completamente cubierta por el agua, no por eso deja ésta de ascender, pues el aire penetra por la base superior, que es por donde se vierte el agua elevada.

Si el cilindro exterior *m n m n* se sustituye por el semi-cilindro inferior *a n n* fijo ó por una canal cilíndrica, es evidente que en nada habremos alterado las condiciones de esta máquina, porque el semi-cilindro superior nunca contiene más que el aire: si tenemos, pues, cuidado que entre los bordes de la hélice y las paredes de la canal haya un hueco ó juego pequeñísimo, el agua no podrá marcharse por este hueco, y si lo hace, será en cantidad insignificante.

Esta última modificación se emplea frecuentemente y con grandes ventajas en el transporte de materias en polvo en sentido horizontal ó ligeramente inclinado; así las harinas, salvados, minerales finamente pulverizados, etc., se llevan de un punto á otro vertiéndolos en una caja ó canal prismática ó cilíndrica, dentro de la cual se mueve uno de estos tornillos; las sustancias en polvo son cogidas por las caras ó superficies de hélice y arrastradas en su movimiento, adelantando en cada vuelta el paso de la hélice: vienen á constituir, en cierto modo, las materias transportadas la tuerca del tornillo motor.

Las dimensiones prácticas y más comunes de estas máquinas son: diámetro exterior de la hélice, triple del diámetro del cubo, y ángulo de la superficie de la hélice con el cilindro exterior de 65° á 70° .

LECCION XXXI.

Rueda de fuerza centrífuga.—Ariete hidráulico.

Cuando hacemos girar rápidamente al agua contenida en un vaso, la fuerza centrífuga que este agua adquiere vence á la fuerza de gravedad, y sus moléculas se elevan más y más á medida que se separan del eje de giro, formando una superficie curva cóncava, hasta que consiguiendo alcanzar la altura de los bordes del vaso, se derrama por ellos.

Pues bien, si dentro de un vaso, Fig. 134, con agua $a b$ ponemos otro $b c$ que tenga un orificio ó agujero en su fondo, es claro que el agua penetrará en este segundo vaso hasta alcanzar el mismo nivel; pero si á éste le damos un movimiento giratorio sobre su eje $d e$, el agua encerrada en él se elevará formando la superficie curva $f g h$, y se verterá por las aberturas f y h , colocadas á la altura deseada.

Habremos, pues, elevado el agua en una altura igual á la distancia de $f h$ sobre el nivel del agua en el vaso $a b$. Este principio, aplicado convenientemente, ha dado origen á la *rueda de fuerza centrífuga*.

Si construimos un vaso que tenga la forma de un paraboloide de revolución (superficie engendrada por una parábola

que gira al rededor de su eje), y en el extremo de su eje le abrimos un orificio para que ascienda el agua de un depósito inferior, vertiéndose por una abertura ó por varios agujeros practicados en su parte alta, habremos construido la rueda de fuerza centrífuga que representa la Fig. 135.

Es conveniente que en el vaso paraboloides se dispongan unos tabiques ó diafragmas trazados según una curva helizooidal, para que el agua ascienda con más facilidad.

Su coeficiente es 0,60.

Esta máquina sólo sirve para elevar cortas cantidades de agua á pequeñas alturas; cuando la altura ha de ser considerable, se emplea otra máquina llamada *Ariete hidráulico*.

Está fundada en la propiedad que tienen los cuerpos líquidos de no tomar toda la velocidad que se les comunica, sino al cabo de un cierto tiempo apreciable y vice-versa, de no detenerse instantáneamente en su movimiento: por consiguiente, si á una cantidad de agua puesta en movimiento se la detiene instantáneamente, el agua, en virtud de la velocidad adquirida, actuará sobre las paredes del tubo que la conduce hasta destruir la fuerza que representa aquella velocidad.

Así, si en un tubo *A*, Fig. 136, hacemos caer el agua de un salto ó de un depósito, ésta caerá por el extremo *B* con una velocidad correspondiente á la altura *AB*; pero si cerramos bruscamente la entrada ó salida, el agua contenida en el tubo actuará sobre las paredes de éste ejerciendo una presión sobre ellas. Si suponemos ahora que otro tubo *a b* se une al anterior en un punto cualquiera, y que en este punto tiene una válvula ó compuerta *a*, esta válvula se abrirá por virtud de aquella presión, y el agua contenida sobre el punto *a* pasará en parte al tubo *a b*, ascendiendo por él, hasta que destruida la velocidad del agua en *AB*, la válvula *a* se vuelva á cerrar por efecto del peso de la contenida en *a b*. Cada vez que se repita esta operación, pasa una nueva cantidad de agua del tubo *AB* al *a b*,

y ésta acrece su nivel hasta que vierte por el punto *b*, más elevado que el agua del depósito ó salto.

Fundado en esto, se dispone la máquina del modo siguiente, Fig. 137.

El agua motriz entra por el tubo *A*, que tiene una abertura con una válvula *B*, suspendida por su vástago en el seno del líquido, y que no le ofrece dificultad á su paso, este agua sale libremente por esta abertura; pero desde el momento en que empieza á salir, su velocidad va aumentando y ejerciendo, por tanto, presiones de abajo á arriba en la válvula *B*, cada vez mayores, hasta que siendo estas superiores á su peso, la válvula sube aplicándose contra la abertura del tubo *A* cerrándola é impidiendo la salida del agua.

En este momento, detenida ésta bruscamente en su movimiento, ejerce su presión sobre las paredes del tubo *A* y abre las válvulas *C C*, pasando cierta cantidad de agua al depósito cerrado, y de allí al tubo ascensional *F*. Al cabo de un tiempo corto cesa la presión del agua contra las paredes del tubo *A*, y las válvulas *C*, no estando ya solicitadas por fuerza alguna, se vuelven á cerrar cayendo al mismo tiempo la válvula *B* y volviendo á repetirse los mismos fenómenos, y por tanto, la subida de una parte del agua motriz por el tubo *F*, que la eleva á gran altura.

El agua que se vierte por la válvula *B* cae á un depósito que le da salida por un tubo al exterior.

Dentro del depósito *D* hay otro pequeño *G* lleno de aire, en cuyas paredes laterales y en su parte inferior están las válvulas *C C*. Este aire juega el papel de resorte que amortigua el choque producido por la rápida entrada del agua cuando se cierra *B*, porque se comprime el aire reduciendo su volumen, y cuando ya cesa la presión contra las paredes y las válvulas *C C* se van á cerrar, entonces el aire, comprimido por virtud de su elasticidad, vuelve á dilatarse empujando al agua, ó sea

devolviendo la fuerza que para achicarse consumió, y manteniendo abiertas por algún tiempo más aquellas válvulas, con lo cual aumenta el efecto útil de la máquina.

El aire contenido en el depósito *D* desempeña análogo papel, siendo comprimido cuando entra el agua y dilatado cuando se cierran las válvulas *C C*. Pero como este aire, sino se renovase, concluiría por desaparecer disuelto en el agua, hay que reponerlo constantemente por medio de una valvulita *H* colocada debajo de las válvulas *C*, que se abre de fuera hacia dentro.

El juego de esta válvula se produce por el movimiento retrógrado que toma el agua en el tubo *A* cuando se cierran las válvulas *C C*, que ocasiona una aspiración interior, por virtud de la cual la presión interior es menor que la exterior ó atmosférica, y en este momento la válvula *H* se abre, dejando entrar aire, y la válvula *B* cae, dando salida al agua; en cuyo instante, restablecida la igualdad de presiones, se cierra la válvula *H*, quedando el aire entrado en los depósitos *G* y *D*.

El rendimiento de esta máquina es 0,60.

LECCION XXXII.

Máquina de columna de agua de simple y de doble efecto.

La fuerza motriz que proporciona un salto de agua, puede aprovecharse también para poner en movimiento el pistón ó émbolo de una máquina, de una manera análoga á como lo mueve el vapor producido en una caldera, por medio de los aparatos conocidos con el nombre de *máquina de columna de agua*.

Si en estas máquinas obra el agua sobre una sola de las caras del émbolo ó pistón, produciendo el movimiento de éste en un sólo sentido, entonces la máquina será de *simple efecto*, y si el agua obra alternativamente sobre una y otra cara del pistón, haciendo marchar á éste una vez en un sentido y otra vez en el contrario, la máquina será de *doble efecto*.

Estudiaremos una y otra, empezando, como es natural, por la de simple efecto.

Esta consta, Fig. 138, de un émbolo ó pistón *P* que se mueve dentro de un cilindro *C* que carece de tapa superior. El tubo *A* trae el agua desde el salto motor hasta la cara inferior del pistón *P*, y es evidente que obrando sobre ella con toda la presión correspondiente á la altura del salto, hará subir al pistón dentro de su cilindro: si al llegar éste á su parte alta ce-

rramos el tubo *A* de modo que cese la presión del agua y abriremos un tubo *B* en la parte inferior de este cilindro *C*, es evidente que el peso del pistón *P* y de todas las piezas adheridas á su vástago le harán bajar hasta su primera posición, toda vez que ya cesó la fuerza que le obligó á subir. Si de nuevo abrimos el tubo *A* y cerramos el *B*, el pistón volverá á subir, y cerrando otra vez el *A* y abriendo el *B*, el pistón baja de nuevo, y así sucesivamente.

Vemos, pues, que todo el mecanismo consiste en abrir y cerrar los tubos *A* y *B* en el momento conveniente. Esto se consigue por medio de otros dos pistones *Q* y *S* unidos por un solo vástago y que se mueven dentro de sus cilindros correspondientes: el *S* es el que sirve de regulador, según la posición que ocupe encima ó debajo del tubo *B*.

En la posición que representan las líneas llenas de la figura, el tubo *A* está descubierta y el agua que llega por él pasa al cilindro *C* para obrar sobre la cara inferior del pistón *P*: llegado éste á la parte superior, los pistones *Q* y *S* ocupan las posiciones que marcan las líneas de puntos, y queda el tubo *A* cerrado por el pistón *S*, y el tubo *B* abierto para que el agua contenida en el cilindro *C*, obligada por el peso del pistón, de su vástago y de sus adherentes, salga por él.

Nos queda ahora examinar cómo movemos á los pistones *S* y *Q* para que ocupen estas posiciones. El pistón *Q* tiene un diámetro algo mayor que el *S*, y por tanto, la presión ó esfuerzo que el agua que viene por *A* ejerce sobre su cara inferior, será mayor que la que el mismo agua ocasiona sobre la cara superior del *S*: habrá, por tanto, dos fuerzas contrarias, cuya resultante igual á su diferencia obrará en sentido de la mayor, haciendo subir á los dos pistones. De modo, que con esto sólo conseguimos que éstos ocupen la posición de las líneas de puntos.

Pero luego tenemos que hacerlos bajar de nuevo á su pri-

mitivo lugar, y para lograrlo tenemos que hacer de modo que la superficie de la cara del pistón Q sea menor que la de S , para que en virtud del mismo principio de diferencias de presión se muevan en sentido contrario. Esto se consigue por el auxilio del tubo $D E$, que tiene sus dos bocas ó extremos una por bajo y otra por encima del pistón Q y del taco ó cilindro R de menor diámetro que Q , que tiene por objeto disminuir la superficie de la cara superior del pistón Q , que ha de ser bañada por el agua. De modo, que el agua motriz entra por D y sale por E , ejerciendo su presión sobre la corona circular de su cara superior que ha dejado libre el taco R : así tenemos al pistón D solicitado por dos presiones contrarias; su resultante será menor que la mayor de ellas y menor que la que se ejerce en S si al taco R le damos el conveniente diámetro.

Luego por medio de este artificio podremos hacer subir y bajar alternativamente á estos pistones, si podemos llevar el agua en el momento oportuno á la cara superior del pistón Q .

Para conseguir esto, se coloca entre el cilindro del pistón Q y el tubo $D E$ un pequeño cilindro, en el que se mueven dos pistones $a b$ unidos á un vástago; el b lleva un taco c análogo al R , y un pequeño tubo d trasmite la presión á la cara superior de este pistón. Si el pistón a está bajo el orificio E , el agua sube por D y entra por E al pistón Q ; si está sobre E , el agua de D no puede entrar en Q , y como entonces el pistón Q sube, se vacía su cilindro saliendo el agua por E y yendo por el tubo $n n$ al de salida B , que se abre ó se cierra en su boca de salida por una válvula movida por el émbolo s .

Este movimiento de los pistones se determina por medio del mismo pistón principal P : éste lleva unida una varilla con dos tacos salientes que tocan en los puntos superior é inferior de su corrida en dos tacos que tiene un arco de círculo en que termina una palanca, cuyo punto de apoyo es e . Esta palanca mueve por medio de la varilla $f g$ á otra palanca fija en i y que

en h va unida al vástago de los pistones a y b . De esta manera es automático el movimiento de estos.

Veamos ahora cómo marcha el conjunto de todos estos aparatos. Consideremos el momento que representa la figura, en que el émbolo P empieza su curso ascendente; cuando termina su carrera, el taco m toca ó coge á el m' de la palanca y le levanta, arrastrando en su movimiento á la $h i$, y por tanto á los pistones a y b , que pasan á ocupar la parte más alta. Desde este momento queda aislada por el pistón a el agua que hay en el cilindro de Q de la que llega por el tubo $D E$: queda el pistón Q sin presión en su cara superior, y por tanto, sube vaciando el agua de su cilindro por el agujero E y el tubo $n n$ al tubo de descarga B ; en el movimiento ascensional del pistón Q le siguen el S y la válvula de $n n$, de modo que ésta queda abierta durante toda la corrida: así como el S ha pasado á la posición de puntos abriendo el tubo de descarga y dando principio así á la bajada del pistón P . Cuando éste ha llegado á su límite inferior, el otro taco del cilindro r coge á el r' de la palanca y le hace bajar, y por consiguiente al pistón a , á su anterior posición: el agua del tubo A penetra por $D E$ y obra sobre la cara superior de Q , empezando éste y el S á bajar y el agua á entrar bajo el pistón P , que empieza su subida, y así sucesivamente.

Para moderar la marcha de esta máquina hay dos llaves de cuello $z z$ en los tubos de entrada y descarga del agua, y para pararla basta cerrar dos llaves que hay, una en el tubo $n n$ y otra en el $D D E$, porque de este modo evitamos el movimiento del pistón Q .

Estas máquinas funcionan sin choques y con absoluta seguridad: su coeficiente de aprovechamiento es 0,65.

La máquina de columna de agua de doble efecto es aquella en que el agua motriz actúa sobre las dos caras del pistón

para hacerle subir ó bajar. Para ello es preciso que el cilindro del pistón P esté cerrado por sus dos bases y que el aparato regulador de los dos pistones S y Q dé entrada alternativamente al agua por una y otra cara y salida á la que ya ha ejercido su trabajo.

Esto se consigue del modo siguiente, Fig. 139: por el tubo A llega el agua del salto, y por los tubos B y C llega al cilindro del pistón P para actuar sobre él: los dos pistones p y p' , unidos á un mismo vástago, determinan la entrada alternativa del agua por uno y otro lado, y la misma salida por el lado opuesto, según que ocupen posiciones superiores ó inferiores á los orificios de entrada al cilindro. El movimiento de estos pistones se consigue con el auxilio de otro pistón m , que se mueve dentro de su cilindro, y al cual llega el agua motriz por el tubo a y por los orificios b y c , que son abiertos y cerrados alternativamente por la llave O , movida por un vástago ó varilla unida al pistón P .

La marcha de esta máquina será, por tanto, la siguiente: Supongamos el pistón P en el punto inferior de su corrida: el agua que llega por A encuentra cerrado el tubo B por el pistón p y abierto el C ; actúa sobre la cara inferior del pistón P , y éste sube vaciando el agua que hay sobre él por el tubo X , hasta llegar al límite superior de su corrida; en este punto, la varilla y z engancha ó mueve la válvula de paso O , que al girar establece la comunicación entre a y b y entre e y x ; el agua motriz penetra sobre el pistón m y le hace bajar vaciando el agua inferior de su cilindro por el tubo x : al bajar m bajan p y p' ; el agua motriz entra por B sobre el pistón P y le empuja hácia abajo, descendiendo y vaciando el agua que antes obró por el mismo tubo X , y así sucesivamente.

LECCION XXXIII.

Definición y propiedades principales del hierro, fundición, acero, cobre, estaño, plomo, zinc.

El hierro es un metal que es de color gris azulado, que es maleable, ductil y tenaz: su textura es granuda y fibrosa, fractura brillante y blanca. Densidad = 7,70. No se funde, pero se ablanda tanto que se forja con suma facilidad por sólo la acción del martillo y se suelda consigo mismo.

Al aire seco no se altera, pero el aire húmedo le cubre de una capa de *orin* que se desarrolla rápidamente y que es necesario evitar se forme pintando las superficies que han de estar al descubierto, ó recubriéndolo de otros cuerpos que sustituyan á la pintura, como el zinc que extendido en forma de baño sobre todo el hierro forma el galvanizado de éste.

Los hierros del comercio pueden ser dulces ó agrios.

Los primeros tienen color gris azulado y fractura de grano alargado; pueden ser *blandos ó duros*, según la mayor ó menor facilidad que presenten al trabajo.

Los segundos tienen estructura granuda ó laminar, sobre todo esta última, es caracter distintivo; su color es gris muy claro: pueden ser agrios ó quebradizos en frío ó en caliente; aquellos se desecharán por malos y estos se podrán emplear en

frio y en ciertos usos en que no haya que soldarlos, porque no se sueldan, y en que no haya que darles forma en caliente.

También se emplea el hierro dulce en chapas ó palastro, en alambres y cadenas.

En general, los huecos, poros, grietas y heterogeneidad en la masa acusan un hierro que no debe emplearse sino en cosas de poca importancia.

El hierro se emplea en tres estados en la construcción de máquinas y en la industria en general: 1.º Hierro dulce. 2.º Hierro colado. 3.º Acero.

El primero es el que acabamos de estudiar: el segundo, hierro colado, fundición de hierro ó hierro fundido, es el producto que se obtiene de los hornos altos en que se funden los minerales: contiene además de hierro, silicio, fósforo, azufre, nitrógeno, carbono y otros cuerpos; siendo este último el que entra en mayor cantidad, pues llega al 4 por 100.

Según que el enfriamiento que ha sufrido el metal cuando estaba fundido en los moldes, haya sido rápido ó lento, así el color y las propiedades del hierro colado son diferentes: si ha sido rápido, su color es *blanco*, su textura cristalina, es agrio y más fusible que los otros; si ha sido lento, su color es *gris*, su textura granuda porosa, y se deja cortar y limar con facilidad; y si no ha sido lo uno ni lo otro, su color es mezclado ó *atrochado*.

El hierro colado se funde á 1 200º.

El tercero ó acero no es más que hierro dulce con 1 á 2 % de carbono ó un hierro colado que tiene la mitad del carbono. Si el acero no ha sido templado, apenas se distingue por sus caracteres del hierro dulce: pero si ha sido templado, entonces es mucho más duro y muchísimo más elástico que el hierro.

Hay seis clases de aceros: 1.ª Natural. 2.ª De forja. 3.ª De cementación. 4.ª Fundido. 5.ª Pudelado. Y 6.ª Besmer.

Al acero se le da el temple deseado, elevándole á la temperatura que se quiere y sumergiéndole rápidamente en agua fría: hay diez grados de temple, cuya temperatura varía de 220° á 330°, y cada uno de ellos se usa para distintas aplicaciones industriales del acero. Estas temperaturas ó grados de temple se aprecian por el color que toma el acero cuando se somete á ellas, y son los siguientes:

Amarillo de paja claro,	para Lancetas.
Idem id. oscuro.	Navajas de afeitar.
Anaranjado.	Cortaplumas.
Castaño.	{ Cinceles y herramientas para tra-
	{ bajar el hierro.
Idem con púrpura.	Cepillos y hachas.
Púrpura.	Cuchillos.
Azul pálido.	Espadas, recortes y muelles.
Azul	Sierras ordinarias.
Azul muy oscuro.	Sierras grandes.

Cuando una herramienta de hierro quiere acerarse, no hay más que unir ó soldar los dos metales, darle la forma y pulimento necesarios y templarla.

Tambien se pueden acerar por el procedimiento del *temple de caja*, que no es más que calentarla al rojo con polvo de carbón en una caja durante dos ó tres horas.

El cobre es un metal de color rojo muy brillante, de 8,8 de densidad y que se funde á 1.200°. Es muy maleable, ductil y tenáz. Expuesto al aire húmedo se cubre de una cutícula verde, venenosa, llamada cardenillo.

El cobre se usa en la industria en forma de planchas, tubos y alambres; además se emplea en aleación con otros metales constituyendo el bronce y el latón.

El bronce es una aleación de cobre y estaño; es más duro,

más tenáz y más fusible que el cobre; es de grano fino y de 8,5 de densidad: cuando se le calienta al rojo y se enfría rápidamente en agua se ablanda. Al aire húmedo se cubre de una capa verde oscura que se llama *pátina*.

Cuanto más cobre tiene un bronce, es más tenáz, más ductil y más moldeable; cuanto más estaño, es más duro y más agrio. Según sea el uso á que se destine el bronce, así se elegirán las cantidades convenientes de uno y otro metal: el bronce para coginetes contiene 88 partes de cobre y 12 de estaño.

Cuando se desea un bronce muy duro, muy homogéneo y más elástico, para emplearlo en coginetes, guías y piezas de máquina que han de sufrir grandes rozamientos, se usa el *bronce fosforoso*, compuesto de cobre = 93,8, estaño = 4,7 y fósforo = 1,5.

El latón es otra aleación de cobre y zinc, más dura que el cobre, muy ductil y maleable, muy fácil de fundir y de moldear: como el bronce se ablanda con el temple; expuesto al aire se cubre de una capa verdosa. A los dos metales, cobre y zinc, se agregan otros, como estaño y plomo, para hacer el latón más apropiado á ciertos usos. Así, contienen:

Latón en plancha.	Cobre = 60	Zinc = 40	Estaño 0	Plomo 0
Id. alambre. . . .	65	34	0,5	0,5
Id. para tornear. .	61	36	0,5	2,5
Id. en tubos para calderas	90	10		

El estaño es un metal de color blanco algo azulado de brillo argentino, blando, poco ductil y sumamente maleable. Su densidad es 7,3 y se funde á 230°.

Se conoce la pureza del estaño doblando las barras, pues se produce un ruido que se llama *grito del estaño*; cuanto más claro sea este sonido, tanto más puro será el metal.

El principal uso del estaño en maquinaria es en las soldaduras. En la de plomeros entra $E = S$, $P = 2$; en la de hojalateros $E = 2$, $P b = 1$; en la llamada blanda de estañador hay estaño = 3, plomo = 4, bismuto = 2; y por último, en la hoja de lata, que no es más que una chapa de hierro recubierta de un baño de estaño fundido.

El plomo es un metal de color gris azulado, muy brillante, muy blando y muy poco duro; sumamente maleable y ductil, de densidad 11,30 y que se funde á 330° . Expuesto al aire se cubre de una cutícula de color gris oscuro.

Se usa en plancha, en tubo, en soldaduras, en aleaciones fusibles y al estado de albayalde, minio y litargirio, que son compuestos químicos de este metal.

El zinc es metal de color blanco azulado, agrio á la temperatura ordinaria, pero de 100° á 150° es muy ductil y maleable, volviendo á hacerse agrio, pero en mayor grado, á los 200° ; se funde á 412° y á 500° arde con llama blanca muy brillante. Su densidad es 7, y al aire libre se cubre rápidamente de una capa de color gris que le preserva de la destrucción.

El zinc se emplea bajo la forma de planchas; en aleaciones como el latón; en soldaduras como la llamada *blanda para trabajar bronce*, que consta de partes iguales de zinc y cobre; y en el *galvanizado* del hierro extendiéndolo en capa muy delgada sobre él para privarlo de la oxidación.

Combinado con el estaño, antimonio y cobre, forma el *metal blanco* empleado en coginetes cuyos ejes no soportan grandes pesos; aleación muy usada por su poco precio. Su composición es: Zinc = 88, Ant. = 2, Est. = 2, Cobre = 8.

LECCION XXXIV.

Calor.—Sus orígenes.—Capacidad calorífica.—Termómetros.

El calor y todos sus efectos no son más que formas y modos del movimiento de los átomos, ya en los cuerpos, ya en la materia inter-estelar.

Toda acción mecánica, todo trabajo, toda fuerza, puede dar ocasión á un desarrollo de calor: ó mejor dicho, toda acción mecánica que al parecer se pierde y se anula, ni se pierde ni se anula en realidad; se trasforma íntegra y completa por lo menos en calórico.

El rozamiento, el choque, la presión, se hallan en este caso, pues todos ellos producen calor.

Así, pues, toda fuerza que actúa, todo trabajo, todo movimiento consumido y anulado, se trasforma en calórico; de modo, que por una parte tenemos anulación de cierta cantidad de fuerza y por otra creación de cierta cantidad de calórico; ambas cantidades se equivalen. La bala de fusil que choca contra una pared, no pierde su fuerza viva, no pierde su movimiento, sino que lo emplea en elevar la temperatura de la bala y de la pared; es decir, en hacer que se muevan los átomos de ésta y de aquella, trasformando el movimiento total visible en movimiento molecular vibratorio invisible.

De lo dicho se deduce cuáles son los orígenes naturales del calor, que serán todos aquellos fenómenos que ocasionan anulación de fuerzas, de trabajo.

Así, el paso y la caída de aerolitos, ó sean pequeños cuerpos celestes que se mueven cerca de nuestro planeta, producen un desarrollo de calor al atravesar nuestra atmósfera con velocidades grandes, hasta 100 kilómetros por segundo, y al caer sobre la tierra por consecuencia del choque que ocasionan.

Los vientos son también origen de calor por sus dilataciones y contracciones producidas por la desigual temperatura del ecuador y de los polos.

La lluvia es causa de calor, porque cada gota que cae es un cuerpo pesado que choca contra la tierra cayendo desde una gran altura, la altura de la nube. La temperatura de la lluvia aumenta 1° por cada 430 metros de caída.

Los ríos producen el mismo resultado que las lluvias, pues serán cuerpos sólidos que caen por un plano inclinado, y que por tanto elevarán su temperatura como la lluvia en 1° por cada 430 metros de altura.

Las mareas ocasionan pérdida de fuerza viva en el movimiento de rotación de la tierra, y por tanto desarrollan calor.

El calor solar es el origen esencial y principal del calor que recibe nuestro planeta. Nos lo envía por radiación, es decir, esparciéndolo en todos sentidos, según los radios de una inmensa esfera que le tuviera por centro.

Las acciones químicas y eléctricas verificadas en el interior de nuestra corteza terrestre, tienen tal importancia, que por sí solas explican la existencia del fuego interior de nuestro planeta.

Y por último, la vida orgánica, tanto animal como vegetal, es otra de las causas productoras de calor, toda vez que no son

más que verdaderas máquinas térmicas que producen y consumen el calórico.

Cuando los cuerpos se someten á la acción de un origen de calor, adquieren el movimiento molecular vibratorio de que antes hemos hablado, y se *calientan*. Esto pueden hacerlo de dos modos distintos: 1.º Si aproximamos á un fuego un extremo de una barra de hierro, es decir, si establecemos el contacto entre uno y otro, toda la barra se calentará hasta el otro extremo; en virtud de la trasmisión del calor por su propia masa, es decir, por *conductibilidad*, porque el hierro es *buen conductor* del calor. Si, por el contrario, calentamos el extremo de una barra de arcilla ó de piedra de cal, veremos que aunque aquél se enrojezca, el otro extremo queda frío ó muy poco caliente, porque sus grados de calor van disminuyendo muy rápidamente de un extremo á otro: el calor se propaga por conductibilidad; pero la arcilla ó la piedra de cal son cuerpos *malos conductores* del calor.

2.º Si el cuerpo lo sometemos á la acción de un origen de calor, pero sólo está dentro de la esfera de acción de éste sin que se establezca el contacto, el cuerpo se calienta *por radiación*; es decir, por virtud del movimiento vibratorio que el cuerpo caliente comunica al que no lo está, por intermedio del aire ó eter que envuelve á los dos: este calor radiante, al llegar al cuerpo, se divide en dos partes, una que se absorbe por el cuerpo, otra que se refleja, es decir, que sólo sufre la modificación que en su movimiento le ocasiona el choque con la superficie del cuerpo: el grado de calor que adquiere este cuerpo, depende solamente de la parte de calor absorbido, no del reflejado. El poder de absorción depende de la naturaleza del cuerpo y del estado de su superficie.

Puesto que las cantidades de calor que emiten y absorben los cuerpos son variables, habrá necesidad de apreciarlas, y para ello habrá que elegir la unidad ó tipo de comparación.

Este es la *caloría* ó sea la cantidad de calor necesaria para elevar un kilogramo de agua de cero á un grado de temperatura. Esta cantidad de calor sería exactamente igual á la que desarrollaría un peso de 424 kg. * caidos de un metro de altura, luego la *caloría* es igual á 424 kgr., y éste es, por tanto, el *equivalente mecánico del calor*, y $\frac{1}{424}$ *caloría* será el *equivalente calorífico del kilográmetro*.

Como los cuerpos absorben desigualmente el calor, habrá necesidad de emplear distinto número de calorías para conseguir que adquieran una misma temperatura, y á este número de calorías necesario para elevar de cero á 1° la temperatura de 1 kilóg. de un cuerpo, es lo que se llama *capacidad calorífica* ó *calor específico* de este cuerpo.

Si un cuerpo sólido lo fundimos por la acción del calor, es decir, lo hacemos pasar al estado líquido, y le seguimos aplicando mayores cantidades de calor, el cuerpo fundido no aumenta su temperatura, sino que la conserva constante: el calor aplicado queda absorbido por el cuerpo y en el momento en que cese el calor exterior y se solidifique de nuevo el cuerpo, es devuelto todo el calor que absorbió antes. A esta cantidad de calor, es á lo que se llama *calor latente de fusión*, es decir, al *número de calorías que absorbe la unidad de peso de un cuerpo cuando se funde* ó *que desprende cuando se solidifica sin que su temperatura varíe*. Del mismo modo será *calor latente de evaporización*, el *número de calorías que la unidad de peso de un cuerpo absorbe cuando pasa del estado líquido al de vapor saturado* ó *que desprende en el caso contrario, sin que varíe su temperatura*.

Temperatura de un cuerpo es su estado calorífico: los cambios de este estado ó de temperatura van acompañados de fenómenos físicos que sirven para hacérselos perceptibles y

* 425 kilóg. según Callon, 436 según Jamin.

para definirlos y es entre ellos uno muy perceptible y de gran valor para utilizarlo como medio de apreciación ó medida, la alteración de volumen que experimentan los cuerpos por causa de la variación de su temperatura. En efecto; todos los cuerpos aumentan su volumen si aumenta su temperatura y lo disminuyen si disminuye ésta; ó en otros términos: los cuerpos se *dilatan* por el calor y se *contraen* por el frío.

El calor y el frío son un mismo movimiento afectado de signos contrarios: si al calor lo suponemos afectado del signo positivo + al frío lo supondremos afectado del signo negativo —. Por tanto, un cuerpo se *calienta* cuando á su temperatura ó calor propio se le añade otro extraño, y por el contrario se *enfria* cuando se le resta ó disminuye su calor propio para aplicar este sustrayendo á otro nuevo cuerpo que lo suma á el suyo.

Si, pues, un cuerpo se dilata ó se contrae según su variación de temperatura, y esto lo verifica constante y regularmente según una proporción, es claro que podremos decir que cambios iguales de temperatura producirán cambios iguales en los volúmenes de los cuerpos, y que por tanto, la variación de estos servirá para medir la variación de aquellos. Este es el principio en que descansa el aparato llamado *termómetro*, ó sea el instrumento que sirve para apreciar la temperatura de los cuerpos.

Los termómetros ordinarios se componen de un tubo cilindrico, Fig 140, que tiene en uno de sus extremos *b* un ensanche, bola ó depósito que se llena de alcohol (espíritu de vino), coloreado ó de mercurio (azogue), y que está cerrado por el otro extremo *a*.

Para apreciar las dilataciones ó contracciones de este líquido, lleva una escala trazada en el mismo tubo, ó en una planchita de madera, marfil ó metal, en donde se incrusta, adapta ó sujeta aquel tubo.

La graduación de esta escala se hace sumergiendo el tubo en hielo fundido y señalando cero en el punto á que llega el líquido contraído del tubo; después se sumerje en agua hirviendo, y el líquido del tubo dilatado sube á ocupar un nivel que se marca con el número 100: la distancia comprendida entre estos dos puntos extremos se divide en 100 partes, llamadas grados, y tendremos construido el termómetro llamado *centesimal*; por bajo del cero se prolonga la división de igual manera y servirá para apreciar los grados de frio, expresados en tantos grados bajo cero ó en — menos tantos grados.

La distancia de cero á ciento se divide en ochenta partes si se quiere construir el termómetro Reaumur, y en 180 si queremos tener el de Fahrenheit; pero en éste en el lugar del cero se señala 32, de modo que en el agua hirviendo marca 212°.

Cada grado del termómetro centigrado vale $\frac{100}{80} = \frac{5}{4}$ de grado Reaumur, y cada grado de termómetro Reaumur valen $\frac{80}{100} = \frac{4}{5}$ de grado centigrado.

Cada grado centigrado es igual á $\frac{9}{5} = 1,80$ de grado Fahrenheit, y uno de estos equivaldrá á 0,55 de uno de aquellos.

$$\text{De modo que } F = 32 + \frac{9}{5} C = 32 + \frac{9}{4} R$$

$$C = \frac{5}{9} (F - 32) = \frac{5}{4} R$$

$$R = \frac{4}{9} (F - 32) = \frac{4}{5} C$$

Para apreciar la temperatura de un cuerpo por medio de un termómetro, basta ponerle en contacto con él durante 10 ó 15 minutos y leer en la escala la división que marca el nivel del líquido encerrado en el tubo.

Para apreciar temperaturas superiores á las correspondientes á la ebullición del alcohol ó del mercurio que forman los líquidos de estos termómetros, se usan los *pirómetros*, Fig. 141. El más generalmente usado es el que consta de un pequeño cilindro de arcilla seca que se mueve dentro de dos reglas divididas que forman un ángulo muy pequeño; el cilindro crudo, pero seco, se ajusta sobre estas reglas, y marca cero; si en seguida se somete á un calor fuerte de 500, 800 ó 1.000 grados, se cuece contrayéndose (por excepción á los demás cuerpos) cantidades que están en relación con estas temperaturas, y aplicándolo sobre las reglas marcaremos los números correspondientes 500, 800 y 1.000. De modo, que para apreciar una temperatura cualquiera se toma el cilindro crudo, se cuece á esa temperatura, se deja enfriar, y se aplica empujándolo entre las reglas divididas mientras se pueda: la división alcanzada nos dará los grados de esta temperatura.

LECCION XXXV.

Vaporización.—Presión y dilatación del vapor.—Atmósfera y presión atmosférica.—Expresión de la presión del vapor en atmósferas, en centímetros de mercurio, en kilóg. por centímetro cuadrado, en libras inglesas por pulgada cuadrada, en grados de temperatura.

El vapor de agua no es más que agua que por la acción del calor ha pasado al estado de fluido elástico: no tiene olor ni sabor; es invisible y trasparente como el aire, pues cuando se hace perceptible á nuestra vista como blanca nube, es porque está mezclado con agua procedente de su condensación parcial.

El vapor de agua es fácilmente *liquidable* ó *condensable* por la acción del frio, volviendo á convertirse en el mismo agua que antes le produjo por la acción del calor.

El agua se convierte en vapor á todas temperaturas, aun á las más bajas ó frias; es decir, se *evapora*: pero cuando lo hace á elevadas temperaturas por virtud de agentes extraños, decimos que se *vaporiza*.

Cuando ponemos agua en una vasija cualquiera y la calentamos fuertemente, observamos que inmediatamente empie-

zan á desprenderse algunas burbujas, cesando esto al poco tiempo: estas burbujas son el aire disuelto en el agua, que como fluido más ligero y más fácilmente dilatable se desprende.

Cuando ya el agua ha adquirido cierta temperatura, se reproduce la formación de burbujas que, subiendo verticalmente del fondo, se rompen en la superficie produciendo un pequeño ruido, desprendimiento que cada instante aumenta más hasta hacerse tumultuoso: estas burbujas son moléculas de agua que se han vaporizado, se han hecho más ligeras que el mismo agua y la abandonan pasando á la atmósfera: el agua en este momento está *en ebullición*, hierve, y ya no aumenta más su temperatura.

El *punto de ebullición*, es decir, la temperatura en que empieza á hervir, de un líquido, es siempre el mismo cuando este líquido está en las mismas circunstancias; pero es distinto para desiguales circunstancias y para cada líquido.

Así, pues, el punto de ebullición del agua contenida en un vaso completamente cerrado, no será el mismo que cuando este vaso está abierto, porque el vapor producido en el primer caso se acumula en su parte superior, y allí, comprimido por los nuevos volúmenes ó cantidades de vapor producidos, ejerce sobre el líquido y sobre las paredes del vaso una presión que dificulta el desprendimiento de las burbujas, y por tanto, retarda el momento en que el agua comienza á hervir, y cuanto más fuerte sea esta presión, tanto más tarda en hervir el agua, es decir, tanto más elevada es la temperatura, tanto más elevado es su punto de ebullición.

Esta presión, igual en todos sentidos, que el vapor ejerce sobre las paredes del vaso que lo encierra, es lo que se denomina *tensión del vapor*.

Para medir esta tensión, como la de cualquier otro fluido elástico, se toma por unidad la presión que ejerce el aire atmosférico sobre la unidad de superficie.

Por la experiencia se ha determinado que la presión que ejerce el aire sobre un centímetro cuadrado de superficie es $1,^{\text{K}} 033$, y á este número es á lo que se denomina presión atmosférica. Por consiguiente, si el vapor ejerce sobre las paredes del vaso una presión, por ejemplo, de $5,^{\text{K}} 15$ por cent. cuadrado, diremos que esta presión equivale á 5 atmósferas, ó que la tensión del vapor es de 5 atmósferas.

De estas unidades de superficie y de peso se puede pasar á otras cualesquiera unidades, sabiendo su equivalencia; así, esta presión será igual á la de 14,70 libras inglesas por pulgada cuadrada inglesa, ó á diez toneladas por metro cuadrado, ó á 15,40 libras francesas por pulgada cuadrada.

Todo cuerpo rodeado de aire, es decir, sumergido en la atmósfera, experimenta la presión del aire en todos sus puntos, puesto que los fluidos transmiten ó ejercen sus esfuerzos en todos sentidos, y por tanto, si en un tubo encorvado *A B*, Fig. 142, abierto por sus dos extremos, colocamos una cierta cantidad de un líquido cualquiera, agua, por ejemplo, es evidente que ésta subirá en los dos brazos del tubo á igual altura, y que sobre las superficies *a* y *b* obrará la presión atmosférica con igual intensidad, y por tanto, que en el punto *c* habrá equilibrio entre las presiones de uno y otro brazo, representadas por el peso del volumen líquido de cada uno de ellos, mas la presión atmosférica: pero si por un medio cualquiera suprimimos la presión atmosférica en el brazo *B*, es decir, hacemos el vacío, el agua subirá por él hasta ocupar un nivel *d* y bajará en el *A* hasta *e*, resultando una diferencia de nivel *d e* igual á $10,^{\text{m}} 33$.

Este movimiento del agua es debido al resultado de las fuerzas que obran sobre el líquido de los dos brazos: en efecto, al suprimir la presión atmosférica en *B* se ha roto el equilibrio que antes existía; en el brazo *A* queda excedente la presión de la atmósfera, y por tanto, el líquido sometido á esta fuerza

se pone en movimiento ascendiendo en el *B*, hasta que el peso del agua que ha pasado de un brazo á otro iguale al valor de la fuerza motriz, presión atmosférica. En esta nueva situación tenemos el equilibrio otra vez en el punto *c*, porque del lado del brazo *A* obran sobre él las presiones correspondientes al peso del agua que ha quedado *ec* y al peso de la atmósfera, y del lado del brazo *B* tenemos las presiones correspondientes al peso del agua *e'c*, igual á *ec* y al de la columna líquida *e'd* que deberá, por tanto, ser igual al otro sumando del primer miembro, ó sea á la presión de la atmósfera, puesto que las dos sumas son iguales.

Luego la presión atmosférica se mide también por una columna de agua que tiene 10, ^m 33 de altura; por tanto, si haciendo obrar la presión del vapor sobre uno de los brazos de un tubo encorvado lleno de agua, vemos que el agua se eleva en el otro brazo 20, ^m 66, diremos que la presión ó tensión del vapor equivale ó es de 2 atmósferas.

Si en vez de poner agua en este tubo encorvado, se coloca otro líquido cualquiera, la altura á que se elevará en el otro brazo, será distinta de la anterior y distinta para cada uno de los líquidos; pero siempre estará en razón inversa de las densidades ó pesos de estos líquidos, puesto que los volúmenes de cuerpos desigualmente pesados, están en razón inversa de estos pesos. Así, si en vez de agua ponemos mercurio, azogue, cuyo peso es 13,6 veces mayor que el del agua, la altura de la columna de azogue sobre el nivel *ee'* será: $\frac{10,33}{13,6} = 0,76$.

Luego 76 centímetros de altura de mercurio equilibran ó representan el valor de una atmósfera de presión.

La experiencia ha demostrado que entre la tensión y la temperatura de los vapores que están en contacto con los líquidos que los producen, hay una relación constante, es decir, que si la tensión se eleva, la temperatura se eleva. La ten-

sión no puede variar sin que varíe la temperatura, pues en esto se diferencia de los demás gases: si un volumen A de aire lo reducimos comprimiéndole á $\frac{A}{2}$ la fuerza elástica, la tensión de este aire así comprimido será doble de la que antes tenía; pero si este mismo volumen A de vapor de agua lo reducimos á su mitad comprimiéndole, su tensión será la misma que antes tenía.

Para que esto suceda, es preciso siempre que el vapor esté en contacto con el líquido que le forma; es decir, que esté saturado, ó sea que el vapor tenga toda la presión correspondiente á su temperatura. Pero si el vapor *no está en contacto con el líquido ó no está saturado*, entonces se verifica en él la ley general de los gases permanentes, es decir, que las *presiones estarán en razón inversa de sus volúmenes*.

Ejemplo sencillo de estas leyes lo tenemos en una máquina de vapor: en la caldera está el vapor en contacto con el agua, allí está saturado porque alcanza toda la presión que le corresponde por su temperatura, pues allí no aumentará su tensión aunque se le reduzca de volumen á su mitad, tercera parte, etc., aumentando la cantidad de agua de la caldera: en el cilindro obra el vapor separado ya del agua que le formó, por su presión y por su dilatación, aumentando su volumen y disminuyendo aquella en razón inversa, según la ley dicha.

Es claro que cuando se ha llegado á saturar el vapor ó el espacio que le contiene, cesa ya la vaporización del líquido que le forma, á no ser que se aumente la temperatura del hogar ó la capacidad que le encierra, en cuyo nuevo caso ya deja de estar saturado y se producirá solo la cantidad necesaria de vapor para llegar al grado de saturación correspondiente á este nuevo volumen ó á esta nueva temperatura.

La relación que hay entre la presión, la temperatura, el

peso y el volumen del vapor de agua, es la que expresa el cuadro siguiente.

Luego la presión del vapor podrá expresarse también en grados de calor, y diremos vapor á 134° para significar que la presión del vapor es de 3 at., de 3,09 kilóg., ó de 2,^m28 de mercurio.

10.081	1.080	0.10	1.080	10	1.080
11.071	1.070	0.11	1.071	11	1.071
12.061	1.060	0.12	1.061	12	1.061
13.051	1.050	0.13	1.051	13	1.051
14.041	1.040	0.14	1.041	14	1.041
15.031	1.030	0.15	1.031	15	1.031
16.021	1.020	0.16	1.021	16	1.021
17.011	1.010	0.17	1.011	17	1.011
18.001	1.000	0.18	1.001	18	1.001
19.000	0.990	0.19	0.990	19	0.990
20.000	0.980	0.20	0.980	20	0.980
21.000	0.970	0.21	0.970	21	0.970
22.000	0.960	0.22	0.960	22	0.960
23.000	0.950	0.23	0.950	23	0.950
24.000	0.940	0.24	0.940	24	0.940
25.000	0.930	0.25	0.930	25	0.930
26.000	0.920	0.26	0.920	26	0.920
27.000	0.910	0.27	0.910	27	0.910
28.000	0.900	0.28	0.900	28	0.900
29.000	0.890	0.29	0.890	29	0.890
30.000	0.880	0.30	0.880	30	0.880

PRESIÓN EN			Peso del metro cúbico de vapor.	Volumen de un kilogramo de vapor en metros cúbicos.	Temperatura centigrado.	Velocidad de escape á la atmósfera.
Libras inglesas por pulg. cuad.	Atmósferas ó kilogramos por cent. cuads.	Mercurio.				
14,7	1	0,76	0,588	1,699	100	0
29,5	2	1,52	1,115	0,896	120,60	427
43	3	2,28	1,618	0,618	133,91	502
57	4	3,04	2,115	0,475	144	537
73,5	5	3,80	2,580	0,387	152,22	562
88,5	6	4,56	3,046	0,328	159,22	»
103	7	5,32	3,514	0,285	165,34	»
117,5	8	6,08	3,955	0,252	170,81	»
132,5	9	6,84	4,400	0,227	175,77	»
147	10	7,60	4,840	0,207	180,31	»

LECCION XXXVI.

Manómetros.—Del agua.—Condiciones que ha de tener para servir á la alimentación.—Cantidad de agua.

Hemos dicho que el tubo encorvado lleno de agua ó de mercurio nos puede servir para medir la tensión ó presión del vapor, apreciando la diferencia de nivel que el liquido toma en las dos ramas del tubo; es decir, constituyendo un *manómetro*, ó sea un aparato destinado á medir la tensión, presión ó fuerza elástica de los gases y vapores; pero se comprende desde luego que este medio ha de ser muy poco usado en la práctica, porque para medir presiones de 6, 7, y 8 atmósferas, se necesitan tubos de 4,56, 5,32 y 6,08 metros de largos, en caso de usar el mercurio, que son dificilísimos de manejar, de instalar y de inspeccionar.

Estas longitudes pueden acortarse disponiendo las dos ramas del tubo del modo siguiente: El tubo encorvado *b c d*, Fig. 143, de muy pequeño diámetro, termina en otros dos de mayor diámetro, uno de los cuales tiene una llave *a* para dar entrada al vapor, y el otro un pequeño tubo encorvado *f* que penetra en un vaso *g*. El mercurio está en el tubo *b c d*, de modo, que al ser empujado por el vapor el mercurio del brazo



b y ascender en el d penetra éste en el tubo $d e$, de mucho mayor diámetro, y allí ocupa una altura muy pequeña: el tubo encorvado f sirve para dar acceso á la presión atmosférica sobre este brazo del tubo, y para llevar á g , en donde se recoge, el mercurio que una brusca entrada de vapor pueda arrojar fuera del aparato.

Si suponemos que una de las ramas del tubo encorvado está cerrada en vez de abierta, Fig. 144, es claro que al entrar el vapor por a y obligar al mercurio á subir en b , se comprimirá el aire encerrado en esta rama, contribuyendo con su fuerza elástica á contrarestar la del vapor: el manómetro así formado se llama de *aire comprimido*. Para su empleo se dispone en la forma que expresa la Fig. 145, en la que se vé que el vapor llega por a al depósito de mercurio b , y éste asciende en el tubo graduado de antemano por comparación.

El aparato más comunmente usado para medir la presión del vapor, es el manómetro de Bourdon. Consiste, Fig. 146, en un tubo metálico $a b c$, de sección elástica, abierto por el extremo a y cerrado por el c : este extremo c mueve por el intermedio de la barrita $c d$ una palanca $d e$, que lleva un arco dentado ó sector de engrane para mover á su vez á un piñón o fijo á un eje que lleva una aguja para marcar en un círculo graduado el número correspondiente á la presión del vapor.

Entrando el vapor por el extremo a del tubo, ejerce su presión sobre las paredes de éste y le deforma, tendiendo á convertir su sección en circular, por ser la presión igual y normal en todos sus puntos, ocasionando la rectificación del tubo $a b c$, que por esta causa mueve su extremo libre separándole de su primitiva posición: en su movimiento arrastra la barrita $e d$, y ésta hace girar al sector dentado e , obligando al piñón á moverse, y por tanto, á la aguja indicadora; cuando la presión del vapor cesa ó disminuye, el extremo c se aproxima á su primitiva posición, porque el tubo $a b c$ se encorva más, la palanca,

el sector, el piñón y la aguja se mueven en sentido contrario, y cuando cesa el movimiento, porque se establece el equilibrio, se lee en el círculo dividido la presión correspondiente.

Es evidente, pues, que las variaciones de curvatura del tubo, originadas por las variaciones de presión del vapor, producirán situaciones distintas de la aguja indicadora, y por tanto, acuse inmediato de estas diferentes presiones.

Estos aparatos se gradúan en fábrica por comparación con otro que se toma como tipo, y acusan las presiones en kilogramos, en libras inglesas ó en atmósferas.

El vapor cuya fuerza elástica se utiliza más universalmente en la industria, es el que produce el agua, y por tanto, siendo aquél un derivado de ésta, es claro que algunas de sus propiedades deben ser también derivadas de las del cuerpo que las produce: por esta razón debemos examinar antes las cualidades del agua que le forma.

El agua es un cuerpo que puede existir en cualquiera de los tres estados, sólido, líquido ó gaseoso, según sea la temperatura ambiente.

El agua líquida es pura, sin sabor, sin olor y sin color; incompresible, y mala conductriz del calor. Su densidad es 1: hierve á los 100^o y se solidifica á 0^o.

Cuando no es pura contiene en suspensión partículas pequeñas de toda clase de cuerpos sólidos ó en disolución, sustancias de toda naturaleza que posean esta propiedad, ya sean sólidas, ya líquidas, ya gaseosas.

Las sustancias que el agua tenga en suspensión no pueden modificar en nada las condiciones del vapor obtenido con el agua pura, porque estos cuerpos no pasan nunca al vapor, sino que ó se depositan por virtud de su gravedad, ó se conservan en el seno del líquido como antes estaban. Pero si las sustancias que el agua contiene en disolución son vaporizables á me-

nor temperatura que la que posee el vapor que se ha de emplear, es claro que estas, lo mismo que el agua, se convertirán en vapor, y éste poseerá cualidades distintas de las del vapor procedente de agua pura. Por otra parte, las sustancias disueltas que no son vaporizables, se depositan en las paredes del vaso en que se encierra el agua, desde el momento en que ésta se encuentra en condiciones á propósito para ello, y de aquí el que separada el agua del contacto inmediato con las paredes del vaso por la interposición de este depósito, se encuentre en malas condiciones para producir el vapor: además estas materias disueltas pueden ejercer acción química sobre estas paredes y alterarlas ó destruir las, ocasionando el perjuicio que es consiguiente.

Es, por tanto, muy necesario que el agua que se emplee para la producción del vapor sea pura completamente, ó lo más pura posible, y ya que esto no pueda ser, debemos escoger aquella que contenga las sustancias que menos perjudiciales sean.

Desde luego deben desecharse todas las aguas que contengan ácidos en disolución, corrosivas, ó que sean minerales, y sólo emplear las aguas que proceden de la lluvia, de las fuentes, de los rios, llamadas aguas dulces, ó del mar.

El agua del mar contiene 3,30 por 100 de sal común y de sales de magnesia, potasa y cal. Las aguas dulces contienen principalmente sales de alúmina, magnesia y cal en cantidades y proporciones muy variables. Los efectos y modos de obrar de cada uno de estos cuerpos son diferentes; pero si estudiamos lo que sucede en la producción de vapor con el agua del mar, tendremos una idea de lo que con las demás ocurre, porque en aquella se encuentran casi todos los cuerpos que entran en las aguas dulces.

En virtud de la elevada temperatura á que llega el agua cuando se produce vapor, aunque no sea más que á 4 atmós-

feras, se producen en su seno reacciones químicas entre las diversas sustancias que contiene en disolución, que dan lugar á la formación de cuerpos nuevos, cuya presencia ó existencia debe tenerse muy en cuenta.

A esta elevada temperatura sucede que el sulfato de magnesia (sal de higuera) y el carbonato de cal (piedra de cal) se cambian por dos cuerpos nuevos el sulfato de cal (yeso) y el carbonato de magnesia (magnesia): el cloruro de magnesio se descompone en ácido clorhídrico y en magnesia.

De todos estos cuerpos existentes en el agua de una caldera, tanto primitivos como transformados, el carbonato y el sulfato de magnesia, la magnesia, el cloruro de magnesia y el carbonato de cal, forman depósitos ó sedimentos que no tienen adherencia, sino que constituyen un fango ó barro pulverulento que puede extraerse al exterior por medios á propósito: sólo la sal común y el yeso forman depósitos adherentes; es decir, que constituyen una masa compacta, unida fuertemente á las paredes del vaso ó caldera que encierra el agua, formando lo que se dice *depósito incrustante ó incrustación*. Desde luego el ácido clorhídrico producido pasa al vapor, atacando á las planchas ó paredes metálicas de la cámara de vapor y aun á la distribución y cilindro.

La sal común no forma depósito incrustante sino en el caso en que el agua se vaporice con demasiada rapidez, y entonces se deposita formando cristales de sal, y nunca capa unida y uniforme.

El yeso se deposita en cuanto hay en el agua un pequeño exceso, efecto de las reacciones químicas verificadas, porque es una sustancia casi insoluble, y en cuanto ésta alcance 149°C de temperatura, porque entonces es absolutamente insoluble: y se deposita, bien en forma de costra ó incrustación amorfa, bien en cristalizaciones, según sea mayor ó menor la tempe-

ratura del vapor que se produce, y por consiguiente la del agua que le forma.

Formada la primer capa de yeso sobre las paredes del vaso ó caldera, se depositan sobre ella llenando todos sus intersticios ó huecos, los demás cuerpos que no forman incrustación, favoreciendo esta sedimentación la parada que periódicamente sufren las máquinas, porque durante ellas el agua en la caldera pierde su agitación tumultuosa y entra en reposo. Al ponerse de nuevo en marcha la máquina, el agua vuelve á entrar en agitación; pero nunca es ésta tan profunda que vuelva á suspender la totalidad de la cantidad de sedimento que antes depositó: suspenderá una parte, pero la restante queda ya depositada y empezándose á cubrir del yeso que de nuevo comienza á depositarse. Repitiéndose esto indefinidamente, se forma una incrustación adherida fuertemente á las paredes que aísla el agua dentro del vaso, y que sólo puede extraerse el exterior, arrancándola por medio del buril y martillo cuando el vaso deje de contener el agua y se haya enfriado.

Esta incrustación es mala conductriz del calor, y por tanto, muy poco á propósito para transmitir al agua el calor exterior del hogar.

Las incrustaciones en los vasos donde se produce el vapor, es imposible suprimirlas por completo mientras están estos en actividad; pero pueden disminuirse mucho empleando diversos procedimientos.

Si las aguas contienen en suspensión sustancias cualesquiera, basta dejarlas reposar por largo tiempo antes de usarlas, en balsas, estanques ó depósitos, para dar lugar á que éstas bajen al fondo por virtud de la fuerza de gravedad.

Si las materias están en disolución, se pueden usar multitud de recetas que bajo el nombre de sustancias ó cuerpos anti-incrustantes se venden en el comercio, con el fin de evitar

que el sedimento formado sea muy adherente ó que se disminuya la cantidad de éste. Las materias gelatinosas y amiláceas, como la dextrina, el almidón y la patata, ejercen una acción lubricante sobre las paredes metálicas de la caldera, que dificulta la adherencia de la costra formada. Las materias que contienen tanino, como la mayor parte de las maderas que se usan en los tintes, forman con la cal que contiene el yeso una sal perfectamente soluble que no se deposita, y por tanto, se disminuye la cantidad del sedimento. También suelen usarse como medios mecánicos para impedir la adherencia en la incrustación, las virutas de hierro y de chapa, pedazos de cristal de botellas, etc. Hoy día se recomienda como muy eficaz el empleo de la vegetalina ó de un lingote de zinc sumergido en el agua. La adherencia de la costra incrustante á la chapa de la caldera, se disminuye mucho barnizando la cámara de agua ó superficie mojada con barniz de plumbagina cada vez que se limpie.

Mucho mejor que el empleo de ninguna de estas sustancias es procurar que el agua no se cargue demasiado de ellas por efecto de su concentración al eliminarse la que se convierte en vapor, y hacer que gran parte de las sustancias que no forman depósito adherente, salgan periódicamente al exterior. Lo primero se consigue haciendo salir de cuando en cuando una cantidad del agua concentrada, que se reemplaza por otra igual cantidad de agua nueva, y lo segundo haciendo esto mismo al poco tiempo de haberse suspendido la marcha de la máquina ó la producción del vapor, y antes de marchar de nuevo, dándole salida por la parte inferior del vaso ó caldera, con el fin de que salgan arrastrados mecánicamente antes que tomen cohesión los sedimentos que se depositan con más actividad en cuanto el agua queda en reposo.

Estas dos operaciones se conocen con el nombre de *purga de la caldera*.

Conocida ya la calidad del agua que se usa en la producción del vapor, nos queda por averiguar si disponemos de ella en cantidad suficiente para el objeto deseado. Es evidente que si conocemos la cantidad de vapor que hemos de producir, sabremos la de agua que se necesita, porque 1 kilóg. de agua no podrá darnos más ni menos que 1 kilóg. de vapor; pero atendiendo á una medida de prudencia, que después justificaremos en el estudio de las máquinas de vapor, es necesario disponer siempre de un exceso de agua que no baje del 40 al 50 por 100 de la que exige la cantidad de vapor que se ha de gastar.

LECCION XXXVII.

Generador de vapor ó caldera.—Construcción de una caldera.—Diversos sistemas de cosidos de chapas.—Calidad de los materiales.—Superficie de caldeo.—Su proporción en calderas de fuerza dada.—Cámara de agua.—Cámara de vapor.—
Instalación de calderas.

Así como el agua que ha de emplearse en la producción del vapor ha de tener condiciones determinadas para ello, del mismo modo el vaso que encierra este agua y este vapor ha de llenar ciertos requisitos indispensables para que desempeñe debidamente su fin.

Este vaso se denomina *generador de vapor*, por ser en él donde se engendra ó produce el vapor, y *caldera*, porque en los primeros tiempos de su empleo tuvo una forma parecida á una caldera.

En toda caldera hay que considerar cuatro partes distintas y esenciales: 1.^a La caldera propiamente dicha 2.^a El hogar. 3.^a Los canales ó galerías de recorrido de humos, y 4.^a La chimenea.

De todas ellas nos hemos de ocupar, y al efecto empezamos por la 1.^a ó sea caldera propiamente dicha.

Entre todos los materiales que se pueden emplear para construir una caldera, sólo se usa hoy el hierro en planchas ó palastro.

Las calderas de cobre no se usan ya, porque aunque este metal es doblemente mejor conductor del calor que el hierro, su mucho costo y el no resistir bien sus planchas á las grandes tensiones, es causa de que hayan caído en desuso. Las calderas de acero empiezan á ser empleadas; pero todavía no han conquistado plaza fija en la industria, por más que no se hará esperar ese día.

Las planchas de hierro se encorvan, para darles la forma conveniente, calentándolas en un horno á propósito á temperatura elevada y llevándolas inmediatamente á la máquina para curvar. Si esta operación última se hace en frío y la plancha resulta sin defecto alguno, indicará que el palastro posee cualidades superiores, tal vez mayores que las que posea la plancha encorvada en caliente, porque con este modo de trabajar, puede fácilmente ser quemada y porque nunca se expone esta plancha caliente á las presiones y esfuerzos que ha de sufrir la que se encurva en frío. De modo que la caldera construida con estas planchas ofrece más seguridades.

Las planchas ó *paños* se superponen unas á otras por todo su contorno, y se cosen por medio de *roblones* ó *redoblones*, ó sean unos pasadores de hierro forjado que tienen hecha una cabeza. Estos se ponen en una sola fila ó en dos paralelas: en el primer caso el cosido es *sencillo*; en el segundo, es *á doble cosido*.

El doble cosido es preferible al sencillo cuando se tiene la seguridad de que éste está muy bien hecho, porque si no fuera así, resultaría que un roblón mal puesto en él anula los buenos efectos del roblón próximo del primer cosido, y fatiga á la chapa inútil y perjudicialmente.

Los que se usan para coser estas chapas tienen un diámetro igual á $1,2\sqrt{e}$, siendo e el espesor de la chapa y su *cabeza*, es

una y media á dos veces el diámetro del *fuste*. Si son varias las chapas que hay que coser, entonces, el diámetro del fuste es

$$d = \frac{E}{8} - 1,^{cm}58, \text{ en donde } E \text{ es el espesor total de las chapas.}$$

Estos roblones se colocan siempre con cabeza saliente, espaciados en el doble del diámetro del fuste, y á una distancia del borde de la plancha de uno y medio de diámetros, y esto se hace por cualquiera de los tres procedimientos siguientes:

Después de superpuestas las chapas de modo que se correspondan los taladros ó agujeros abiertos, se introduce por dentro el roblón, calentado hasta que se empiece á poner blanco, y se forma la cabeza golpeando directamente con la cabeza del martillo, ó por el intermedio de un molde ó estampilla llamado *doyle* ó *estampa*, para lo cual, en uno y otro caso, hay que sostener el roblón por detrás para que no salga despedido por los golpes del martillo, ó se roblona por medio de una máquina á propósito.

Al enfriarse el roblón, se contrae, acortando su longitud y apretando una plancha contra otra.

El roblonado á martillo exige una gran habilidad, y es muy lento; el roblonado con el *doyle* es más rápido que el anterior, pero no tanto ni tan perfecto como el hecho á máquina, porque con ésta se evitan los golpes sobre las chapas, toda vez que obran por medio de la presión.

Cuando el grueso total de las chapas que se han de coser excede de 0,^m 10, entonces se sustituye el roblón por pasador con tuerca.

Es evidente que esta perfección en el cosido depende en grandísima parte de la buena ó mala calidad de los materiales que se emplean. Para que el conjunto sea bueno, es preciso que sea bueno cada uno de los componentes, y por esta razón las chapas han de ser, no sólo de primera calidad, sino que se han de escoger las mejores para colocarlas en los sitios

donde han de sufrir más directamente la acción del fuego, ó en donde han de sufrir mayores fatigas, ó donde están recibiendo mayores presiones, ó donde los cambios de temperatura son más frecuentes ó mayores, etc., etc. Por la misma razón los roblones se han de fabricar con hierro fuerte ó acero de primera calidad, sin fibras, y que no se hiendan ó abran longitudinalmente por el golpe del martillo.

Construida así la caldera, se puede ya llenar en parte con agua y someterla á la acción calorífica de un hogar para que produzca vapor: éste se acumulará en la parte superior, y de este modo tendremos en la caldera, primero, una parte de ella que está expuesta á la acción del fuego; segundo, una capacidad ocupada por el agua, y tercero, otra capacidad ocupada por el vapor.

La parte de caldera que recibe la acción del fuego se denomina *superficie de caldeo*. Por esta superficie de caldeo es por la que se verifica la trasmisión del calor del hogar al agua encerrada en la caldera: esta trasmisión necesita un tiempo para efectuarse, y por tanto, si para efectuar la trasmisión de 1.000 calorías necesita la chapa un minuto, por ejemplo, y en este minuto producimos en el hogar 1.500 calorías, es evidente que estas 500 calorías sobrantes se habrán perdido para el agua contenida en la caldera, si no tenemos media chapa más que se encargue de transmitir estas 500 calorías sobrantes: de donde se deduce que la superficie de caldeo ha de tener la extensión correspondiente al calor producido para que éste se aproveche por completo; y como la cantidad de vapor producida por el agua está en relación con la cantidad de calor transmitida al agua, de aquí el que la superficie de caldeo dependa de la cantidad de vapor que se ha de producir.

Esta superficie de caldeo no produce en toda su extensión el mismo resultado sobre el agua que la baña interiormente, ni sobre el calor que la actúa exteriormente: una parte de ella

recibe la acción directa é inmediata del hogar ó foco de producción del calor; otra parte recibe la acción indirecta ó secundaria del calor contenido en los gases ó humos producidos en la combustión, calor que es muy inferior al recibido por la parte primeramente considerada, y que disminuye á medida que se aleja más del hogar: á aquella se la llama *superficie directa de caldeo*, á ésta *superficie indirecta de caldeo*.

Esta diferencia de calor, recibida por una y otra clase de superficie de caldeo, ocasiona distinto poder de vaporización por una y otra, y es tan notable esta diferencia, que al paso que se estima en 100 kilogramos por cada metro cuadrado los producidos por la superficie directa en una hora, no se evalúa más que en 12 á 15 kilogramos de vapor el obtenido por igual unidad, superficie y tiempo en la superficie indirecta: hay, pues, grandísima ventaja en hacer de modo que á igual superficie de caldeo sea lo mayor posible la superficie directa.

Cuando una caldera está bien construida, con arreglo á estos principios, se puede calcular que la producción media de vapor por metro cuadrado de superficie de caldeo (directa é indirecta) y por cada hora, es de 15 á 20 kilogramos con fuego lento, ó sea que produce un caballo de fuerza, porque este consumo de vapor es el que corresponde ordinariamente á un caballo de fuerza. De modo, que una caldera que ha de producir vapor para 50 caballos, tendrá necesariamente 50 metros cuadrados de superficie de caldeo.

Es evidente que si el fuego se activa mucho, la producción de vapor será más rápida, y por tanto, la fuerza en caballos producida será mayor; pero esto, entre otros inconvenientes, tiene el de ser muy caro, por no poderse aprovechar bien todo el calor producido, á causa de pequeñez en la superficie de caldeo, según hemos visto ya.

El término medio adoptado de un metro cuadrado por caballo, sufre variaciones muy extensas, según las condiciones

especiales que debe renir la caldera que se va á utilizar: así hay calderas que miden hasta 5 metros cuadrados por caballo, y otras, como las de las locomotoras y máquinas marinas, que sólo cuentan con $\frac{1}{3}$ á $\frac{1}{4}$ de metro cuadrado por caballo. Pero estas circunstancias extraordinarias no deben tenerse en cuenta como regla general, sino únicamente para tener conocimiento de que en casos especiales pueden disponerse las cosas de modos completamente distintos y á expensas de otros factores que concurren á la mejor y más económica manera de producir el vapor.

Desde luego se comprende por lo que queda dicho, que la superficie de caldeo debe estar bañada interiormente por el agua contenida en la caldera, porque si así no fuera, no podría ésta transmitirle el calor que recibe: luego vemos ya que el volumen de agua contenido en la caldera, ó que la parte de caldera destinada á recibir el agua, llamada *cámara de agua*, ha de llenar esta condición; y de tal modo, que nunca pueda suceder que quede aquella al descubierto por las diferencias de nivel ocasionadas por la ebullición tumultuosa del agua, por una ligera desnivelación de la caldera, ó por la disminución de la cantidad de agua por causa del vapor producido, antes de que se renueve periódicamente este consumo por medio de la alimentación.

Atendiendo á esta circunstancia, se calcula que la cantidad de agua que contenga una caldera sea, por lo menos, ocho á diez veces mayor que la cantidad de vapor que se ha de producir por hora: sólo en las locomotoras puede reducirse á seis ó siete veces esta cantidad.

Análogamente, la *cámara de vapor*, ó sea la parte de volumen de la caldera que está ocupada por el vapor producido, debe guardar cierta relación con las demás dimensiones de la caldera. Si es demasiado pequeña, resulta que, como es pequeña también la cantidad de vapor formada, éste es gastado

por la máquina antes de que tenga tiempo de desprenderse de las partículas de agua que arrastra mecánicamente al formarse, y además su presión varía notablemente cada vez que se verifica la salida del vapor, es decir, á cada golpe de pistón, porque al consumir éste una parte notable del vapor existente en la caldera, la presión en ésta disminuye mucho al dilatarse el vapor restante; la vaporización aumenta rápidamente por causa de este descenso de presión, se vuelve á llenar de vapor la cámara, para volver á ser desocupada en seguida y reproducirse de nuevo esta alteración intensa y frecuente en la presión, que fatiga extraordinariamente á las paredes metálicas de las calderas tendiendo á destruirlas.

La capacidad normal de la cámara de vapor debe ser como la de la cámara de agua, es decir, de ocho á diez veces la cantidad de vapor que se ha de producir por hora. Cuanto más rápida sea la vaporización, mayor ha de ser la cámara de vapor: por esta razón, en las calderas ordinarias en que la vaporización es lenta, se suele disminuir esta capacidad hasta sólo seis veces la cantidad de vapor á producir.

Cuando una caldera se coloca en el sitio en que ha de permanecer produciendo vapor, es decir, cuando se *instala ó monta*, debe estar rodeada de sustancias que impidan el enfriamiento de sus paredes, porque de no hacerlo así, no sólo se necesita mayor cantidad de calor para reponer la que el enfriamiento consume, sino para evitar también la fatiga que sufre el material de que está construida por las continuas dilataciones y contracciones que estas diferencias de temperatura ocasionan. Por esta razón se rodea á la caldera con una tongada ó capa de ladrillos colocados casi á *hueso*, ó con una capa de arcilla apisonada, sola ó mezclada con alguna paja ó crín de caballo: también se suelen emplear las cubiertas de tabla, fieltro ó lana; pero éstas, á más del peligro de incendio, tie-

nen la mala propiedad de atraer y conservar la humedad, y *pican* ú oxidan las chapas de la caldera.

Además hay que tener la precaución de dejar á la caldera libertad para que pueda moverse cuando se dilate ó contraiga, porque sino se rompería: muchas veces los escapes de ciertas juntas son debidos á esta falta de espacio para moverse. Por esta razón hay que dejar siempre cierto hueco ó juego entre las paredes de la caldera y la obra de fábrica que las encierra.

LECCION XXXVIII.

Hogar.—Rejilla.—Canales ó conductos de humo.—Chimenea de tiro natural.—Idem de tiro forzado.

El *hogar* es la capacidad ó sitio en que se quema el combustible destinado á producir el calor que ha de vaporizar el agua de la caldera.

Indiferente en cuanto á su forma, debe llenar en cuanto á sus dimensiones ciertas condiciones, que depende del más ó ménos espacio de que se disponga y de la clase del combustible que se utiliza.

Los hogares grandes son más recomendables que los pequeños, porque en ellos pueden quemarse combustibles de peor calidad, porque el aire penetra en ellos con más facilidad, se desoxigena más completamente, la combustión se aprovecha mejor, y por último, son más fáciles de conducir y vigilar por cuanto las cargas son menos frecuentes.

Los hogares pequeños son menos pesados, muy suficientes para el caso de emplear combustibles de buena calidad, pero no deben emplearse sino en los casos de absoluta necesidad.

En el fondo del hogar está la rejilla, y sobre ésta se coloca el carbón en un espesor que no ha de ser ni pequeño ni

grande: si es pequeño, el aire le atraviesa facilmente, no se desoxigena convenientemente, y si es grande, el aire llega con dificultad, la combustión es incompleta, y por tanto, no se produce la temperatura debida.

La distancia á que deben estar del combustible las paredes de la caldera, varía según sea la calidad del que se quemara.

Si éste es de llama larga y de mucha potencia calorífica, conviene sea mayor aquella distancia, para que la llama tenga espacio donde desarrollarse, y para que no se quemara la chapa de la caldera. Si el combustible es de llama corta y de poco poder calorífico, la distancia que la separa de la caldera será menor.

La *rejilla* ó *parrilla* que sostiene el carbón se compone de un número variable de *barras* ó *barrotes* más ó menos separados unos de otros, de sección trapecial á fin de que por estos claros caigan las cenizas al *cenicero* ó espacio que hay debajo de ella, y para que por ellos penetre el aire necesario á la combustión en el hogar. El tamaño de los trozos en que se encuentre el combustible, y la necesidad de mayor ó menor cantidad de aire en el hogar, determinarán los espacios que deben dejar las barras.

La rejilla, en general, debe ser de grandes dimensiones, no sólo porque así se evita la repetición demasiado frecuente de la carga, si que también porque de este modo la *superficie directa de caldeo* es mayor; sólo en casos determinados, como son las rejillas de las locomotoras y el empleo de combustibles difíciles de arder sin una corriente muy activa de aire, pueden usarse rejillas pequeñas.

Las dimensiones más comunes son:

Para hulla, un metro cuadrado por cada 60 kilogramos de carbón que se quemara por hora, ó sea cinco á seis decímetros cuadrados por caballo de vapor.

Por coke y hulla seca se quemara en las calderas tubulares

con tiro forzado de 200 á 400 kilogramos de combustible por hora y por metro cuadrado.

La suma de los huecos ó espacios claros de una rejilla viene á ser de $\frac{1}{4}$ á $\frac{1}{5}$ de la superficie de la rejilla. Estas barras se colocan en el sentido de la puerta del hogar y del cenicero, para facilitar su limpia: son de hierro colado para la hulla, y de hierro dulce para el coke, y deben tener el suficiente juego en el marco ó barras que las sostienen, para permitirles el movimiento ocasionado por la dilatación y contracción.

Los gases, producto de la combustión, después de haber recorrido todo el hogar, marchan por unos canales, galerías ó tragantes que rodean, en más ó menos longitud, á la caldera, y salen por último al exterior por la chimenea.

Durante este recorrido, bañan á la *superficie indirecta de caldeo*, trasmitiéndole una gran parte del calor que conservan.

La superficie de estos canales debe ser por lo menos igual á la sección ó superficie de la chimenea en su boca de salida ó superior, con el fin de que no se altere la velocidad en la marcha de los gases.

Estos canales no deben nunca encontrarse ni formar ángulos rectos, sino que deben dulcificarse estos cambios de dirección por medio de curvas, para que no se verifiquen choques ni retrocesos en la marcha de los gases. Con el mismo objeto deben presentar sus superficies unidas, sin que tengan partes entrantes ni salientes, y además para que puedan ser limpiados con facilidad.

Una vez ya los gases en la chimenea, salen al exterior ascendiendo por ella en virtud de su menor peso respecto al aire atmosférico.

La forma de estas chimeneas es indiferente; pueden ser cilíndricas, prismáticas, cónicas ó piramidales; es decir, de sección constante ó de sección variable: en este último caso sólo

hay que tener en cuenta para el cálculo la sección menor, que es forzosamente la superior, ó sea la de la boca de salida.

Las chimeneas prismáticas ó cilíndricas al exterior, no pueden ser de mampostería, porque á ello se opone su solidez y estabilidad; han de ser metálicas, generalmente de chapa de hierro.

La altura de las chimeneas depende más que nada de circunstancias de localidad, como son: la elevación de los edificios vecinos, que ha de ser menor que la de la chimenea, á fin de no ser perjudicados por los humos; la mayor ó menor constancia en reinar determinados vientos, que pueden favorecer ó perjudicar la salida de gases, ó dirigirlos á ciertos sitios donde perjudiquen, etc., etc.

Para determinar la superficie de su sección horizontal, hay que valerse de un cálculo complicado; pero como dato práctico puede aceptarse el de un decímetro cuadrado por caballo de vapor, ó bien la cuarta parte de la superficie de rejilla.

La altura viene á ser 30 ó 35 veces su diámetro.

Por medio de estas chimeneas se verifica el *tiro natural*; es decir, que por su solo efecto se renueva el aire en el hogar, entrando el aire fresco por el cenicero y saliendo los productos de la combustión por la chimenea; pero cuando por circunstancias especiales, como sucede en las locomotoras, no se puede dar á estas chimeneas las dimensiones necesarias, y resulta, por tanto, deficiente su acción, se suple su defecto por medios artificiales que producen lo que se denomina *tiro forzado*; es decir, que se fuerza á los gases y humos á recorrer los canales y la chimenea con una velocidad superior á la que tienen naturalmente.

Esto se puede conseguir con ventiladores absorbentes ó dando salida al vapor por la misma chimenea. Como en las máquinas sólo se usa este último procedimiento, sólo nos ocuparemos de él.

El vapor tiene una velocidad de más de 500 metros por segundo; por tanto, si dejamos escapar constantemente por la chimenea una cierta cantidad de él, introduciremos en la columna de gases una fuerza de impulsión grandísima que activará la salida de los gases, y por tanto, la entrada de aire en el hogar.

Con el objeto de que este procedimiento no sea costoso, se utiliza el vapor que ya ha obrado sobre el cilindro, por más que su empleo tenga la desventaja de que haya que suprimir la condensación y de que no pueda utilizarse este recurso sino cuando la máquina está en marcha: además produce en el cilindro una contrapresión que consume trabajo motor.

Estos inconvenientes se evitan tomando el vapor directamente en la caldera; pero tiene la desventaja de ser más costoso porque hay más consumo de vapor.

La sección en estas chimeneas de tiro forzado es la tercera ó cuarta parte de la que tendrían si fuesen de tiro natural, y su altura es la que cada caso particular consienta.

Tanto las unas como las otras tienen en un punto cualquiera del canal de acceso, una pantalla ó compuerta que se mueve ó gira con el fin de interceptar una porción cualquiera de la sección, á fin de disminuirla y de acortar el tiro por consiguiente.

Esta compuerta, llamada *registro de la chimenea*, se mueve desde el exterior por medio de cadenas, contrapesos, ó de cualquier otro modo que sea fácil. Sirve, por tanto, de regularizador del tiro, á fin de que éste no varíe mucho de sus condiciones normales.

En las locomotoras existe en la parte superior de la chimenea, tomando el nombre de *capuchón*, y se maneja desde el sitio del maquinista por medio de unas barras combinadas.

LECCION XXXIX.

Estudio de diversos tipos de caldera.—Caldera cilíndrica sin hervidor.—Idem con hervidor.—Caldera Cornwall.—Idem Galloway.

Entrando ya en el estudio particular de los diversos tipos de caldera que más se usan en la industria, debemos empezar por la más antigua de todas, excepción hecha de las esféricas, de cofre, etc., que han caído en completo desuso, que es la *caldera cilíndrica*.

Esta consiste en un simple cilindro de bastante longitud con relación á su diámetro, que se coloca encima de dos galerías ó canales paralelos, que hacen que la llama y gases bañen primero uno de los lados de la caldera y después el otro, para marchar en seguida á la chimenea, Fig. 147.

Con objeto de aumentar más la superficie de caldeo, se le agregan á este cilindro uno ó más *hervidores*, ó sean otros cilindros casi de la misma longitud que aquél, pero de diámetro mucho más pequeño, colocados paralelamente á el mayor y unidos á él por un tubo vertical que se llama *gamba*.

Cada hervidor debe tener dos gambas, la de delante para la subida del vapor al cilindro general ó *caldera*, y la de detrás para la llegada del agua de alimentación; de esta manera

se establece una circulación conveniente en el agua de la caldera, Fig. 148.

Estas calderas se instalan de modo que la llama y gases bañen directamente todo el hervidor, excepto su parte superior, que es donde se acumula el vapor producido para ascender á la caldera, y se quemaria el material por no estar bañado por el agua; los gases bañan en seguida uno de los costados de la caldera, pasan despues al otro costado y salen por la chimenea.

De modo, que sobre él ó los hervidores se construye una bóveda rebajada que no permita quede bañada por el fuego más que las tres cuartas partes de la sección circular del hervidor; sobre esta bóveda se construye en el plano diametral de la caldera un muro que separe á uno de otro costado; se pone uno de ellos en comunicación con la bóveda del hervidor, y el otro con la chimenea.

Estas calderas tienen la desventaja de que no vaporizan más que 6 á 6 $\frac{1}{2}$ kilogramos, á lo sumo, de vapor por kilogramo de carbón quemado, porque una gran parte del calor producido por éste lo absorben las paredes del hogar; no son calderas de mucha duración, porque los hervidores padecen mucho en su contacto con la bóveda que tienen encima, y porque las gambas en su unión con la caldera forman una junta difícil que se perjudica mucho con las sucesivas dilataciones y contracciones de la caldera y del hervidor.

Las calderas de hogar interior ó de Cornwall son aquellas que constan de un tubo de palastro, en el que van colocados la rejilla y el cenicero, Fig. 149: este tubo, que es la *caja de fuego* y la *caja de humos* *A B*, va rodeado de otro cilindro de mucho mayor diámetro excéntrico con él *C D*, que limita exteriormente á la caldera: en el espacio que entre uno y otro queda, se encuentran la cámara de agua y la de vapor: aquella ha de rebasar siempre la línea más elevada de la caja de

fuego, con el fin de que siempre esté recubierta por el agua y nunca se quemé el palastro que la forma.

En estas calderas el aprovechamiento del calor es más perfecto que en las de hogar exterior, porque todo el calor producido en el hogar es absorbido en primer término por el tubo interior, y en segundo por la superficie indirecta de caldeo, que viene á ser unos dos tercios de la superficie lateral del cilindro exterior: en efecto, los gases, después de recorrer todo el tubo interior, al llegar á su extremo posterior, se dividen en dos mitades, una que pasa por el conducto *a* de la izquierda, y otra que pasa por el canal *a* de la derecha, viniendo hasta muy cerca del frente de la caldera, en donde por medio de los canalitos inclinados *b*, se reúnen las dos corrientes gaseosas en una sola, que por el conducto *e* sale por la chimenea *h*.

En la construcción de estas calderas se ha de guardar la mayor perfección posible, porque un defecto local en la construcción ocasiona graves peligros, y hasta lleva consigo el desecho de toda la caldera: en la elección de los materiales también debe haber gran cuidado, sobre todo en el que constituye la caja de fuego.

Con estas calderas se vaporiza en buenas condiciones de 7 á 7 $\frac{1}{2}$ kilogramos de agua por kilogramo de carbón quemado.

Las barras de la rejilla se colocan ordinariamente un poco inclinadas hácia la parte posterior, con objeto de facilitar la buena combustión del carbón: en esta parte posterior, y por encima de la rejilla, hay un pequeño muro, llamado *altar*, que tiene por objeto levantar á los gases producidos, haciéndolos ascender para ponerlos en contacto con la llama y que se quemen. La parte anterior del hogar y del cenicero van cerradas con dos puertas, de las que la del hogar suelen tener una ventanilla ó registro con el objeto de examinar su estado sin ne-

cesidad de abrir la puerta: la del cenicero se abre más ó menos, según la cantidad de aire que se ha de dejar entrar.

Una modificación de esta clase de calderas es la que se conoce con el nombre de caldera Galoway, Figs. 150.

Esta caldera tiene dos hogares interiores gemelos *a a*, que desembocan en un tubo *b b b b*, que tiene sección elíptica, y en el cual hay 24 tubos *c c c* cónicos que ponen en comunicación el agua de la parte superior con la de la inferior. Las llamas y gases de los dos hogares pasan por el tubo elíptico bañando completamente á los tubos cónicos, que [según vemos hacen el papel de hervidores, salen por la parte posterior de aquél, se dividen en dos ramas para bañar las paredes exteriores del cilindro exterior, ó paredes de la caldera *d d d d*, para ser llevados por el conducto inferior á la chimenea, según hemos dicho en las calderas Cornwall.

El tubo elíptico *b b b b* lleva una estrechez *e e* situada poco despues de la unión de los hogares con él, á fin de que se disminuya su sección y se aumente, por tanto, la velocidad de los gases, y se consiga su mejor combustión. Estas partes entrantes *e e* se llaman *bolsas*.

Desde luego se comprende que estas calderas han de aprovechar mejor que las anteriores el calor producido.

Las calderas de Cornwall se pueden disponer que gocen también de estas ventajas, haciendo que en la caja de humos se dispongan algunos tubos análogos, verticales ó inclinados, análogos á los anteriores, Fig: 151.

Estas calderas Galoway producen, en buenas condiciones, de 10 á 12 kilogramos de vapor.

En todas las calderas dichas, tanto de hogar exterior como interior, existe en su parte superior una cúpula *N* llamada *domo*, que sirve para cámara ó depósito del vapor saturado que, situado más lejos de la ebullición tumultuosa del agua, se encuentra en mejores condiciones para desprenderse de las

burbujas de agua arrastradas mecánicamente y quedar seco. De este domo se toma el vapor para conducirlo á la máquina, Fig. 149.

Las Galoway suelen no tener domo, y entonces la toma de vapor se hace por medio de un tubo colocado interiormente en la parte más alta de la caldera, provisto de agujeros ó de ranuras longitudinales, que se une á otro vertical, de donde se conduce al cilindro, Fig. 152.

Estas calderas tienen todas un agujero grande *M* llamado *agujero de hombre*, para que un muchacho pueda entrar al interior de la caldera y verificar su limpieza, arrancando y extrayendo los sedimentos é incrustaciones. Este agujero se cierra con una tapa bien sujeta por medio de tornillos.

Además llevan todos los aparatos accesorios de la caldera, de que después nos ocuparemos.

LECCION XL.

Calderas verticales de Mauld, Meyn, Bergman y Robey.—Calderas inesplosibles de Belleville, Naeyer y Sinclair.—Idem de hogar fumívoro de Sulzer.

En la lección anterior hemos descrito los principales tipos de *calderas horizontales*, llamadas así porque tienen horizontal su eje de figura; ahora vamos á tratar de algunas *calderas verticales*, ó sea de aquellas que tienen el eje vertical.

En esta clase de calderas hay pocas diferencias esenciales entre unas y otras, porque aparte de detalles que pueden ser diferentes en su construcción, todas ellas se componen de dos cilindros encerrado uno dentro de otro, y por cuyo intervalo circula el agua que se vaporiza; todas tienen el hogar interior, todas tienen la chimenea metálica y directamente unida á la caldera, siendo su tiro forzado.

La construida por Mauld, Fig. 153, tiene tres cilindros concéntricos en vez de dos: entre el primero *a* y el segundo *b* está el agua que se ha de vaporizar; entre el segundo *b* y el tercero *c* circulan los gases producidos en el hogar *d*, y entre las paredes interiores del último *c* circula también el agua. Los gases, después de bañar á toda la superficie de los cilin-

dros *b* y *c*, de los cuales este último desempeña el papel de un verdadero hervidor vertical, salen por la chimenea *e*.

La caldera Meyn consiste en una caldera vertical sobre la que hay un depósito de vapor recalentado por los gases antes de salir á la chimenea. En esta caldera hay dos órdenes de tubos colocados los primeros cerca del hogar, y los segundos en la parte alta de ella: estos tubos tienen el objeto de aumentar la superficie de caldeo para conseguir mayor graduación de vapor.

La caldera Bergman está dividida en dos cuerpos cilíndricos, el inferior de mitad de diámetro que el superior; aquél se empotra en una base de mampostería; éste lleva 44 tubos verticales de circulación, formando como una doble corona al redor del depósito del agua. El hogar es exterior, y el tiro hace que los gases recorran en forma de espiral el cuerpo de la caldera, pasando por enmedio de los tubos.

La caldera Robey, Fig. 154, tiene dos órdenes de tubos formando dos haces ligeramente cónicos; el inferior sirve para establecer la circulación del agua de la caldera y para producir el vapor, puesto que por dentro de esta serie de tubos circula el agua, como indican las flechas, y por fuera están bañados por los gases y llama del hogar; el haz superior conduce estos gases por dentro de los tubos á la chimenea, ocasionando la desecación del vapor.

Por último, hay algunas calderas verticales que son verdaderas calderas tubulares, ó sean calderas de locomotora dispuestas verticalmente.

Estas constan de un sólo cilindro, cuyas dos bases ó fondos tienen una porción de agujeros circulares, por los que penetran y se acoplan los tubos verticales. El hogar está situado debajo de estos, y por ellos pasan la llama y los gases, y desembocan directamente en la chimenea que los conduce al exterior, Fig. 155.

Las calderas verticales sólo son recomendables en aquellos casos en que se disponga de poco local, en aquellos en que su permanencia en determinado lugar no ha de ser muy prolongada; en los que convenga emplear de pronto un generador de vapor sin dar tiempo á instalar otro horizontal que exige obras de fábrica en su colocación, ó en aquellos casos en que no importe economizar combustible. Estas calderas aprovechan muy poco el calor producido en el hogar, porque su marcha á la chimenea es siempre directa y sus reparaciones y limpieza son siempre costosas y molestas por la excesiva pequeñez que todas sus partes tienen.

El tercer sistema de calderas es el llamado *inexplosible*, porque se ha procurado evitar el peligro de explosión de una caldera por falta de agua de alimentación.

El tipo característico de este sistema es el *generador Belleville*, Fig. 156. En esta caldera el hogar es de doble rejilla y exterior, pues está colocado en la obra de fábrica que cubre y envuelve á la caldera. Esta está formada por una série de tubos de pequeño diámetro, de 80 á 115 milímetros, colocados horizontalmente y enlazados entre sí por otros tubos curvos de igual diámetro, que están destinados á formar las cámaras de agua y de vapor de las calderas cilíndricas. Las llamas y gases circulan entre ellos, y despues de bañarlos completamente salen á la chimenea: el agua calentada dentro de estos tubos se vaporiza, y el vapor producido pasa de uno á otro tubo hasta llegar al tubo colector del vapor, y de allí pasa á un serpentín, donde se depura y seca para conservarlo en el cilindro, de donde se toma para conducirlo al cilindro motor.

Fraccionada de este modo la masa de agua que se ha de calentar, es evidente que se ha de conseguir aumentar muchísimo la superficie de caldeo, y por consiguiente, la vaporización obtenida; pero no estriba en esto la principal ventaja de esta clase de calderas, sino en la cualidad que les presta esta

disposición de ser inexplosibles, por razón de la mayor resistencia que ofrecen sus paredes, y por la desaparición de la causa que motiva estas explosiones en las calderas de los otros sistemas.

Ofrecen mayor resistencia las paredes de la caldera, ó sea de los tubos, porque está demostrado que en los tubos cilíndricos los gruesos de las paredes ó espesores son proporcionales á los diámetros de los mismos cuando las presiones son iguales, y por tanto, un espesor de cinco milímetros en estos tubos de 100 milímetros de diámetro, equivaldrá á un espesor de 75 milímetros en una caldera Cornwall de 1,50 metros de diámetro: espesor grandísimo á que nunca alcanza, ni en muchísimo menos, ninguna chapa para caldera.

Desaparece la causa que motiva las explosiones, porque el volumen interior de los tubos, ó sean las cámaras de vapor y agua, son diez veces menores que en los generadores horizontales, y por consiguiente, hay disponible menor fuerza para el caso de una explosión, porque el vapor nunca se encuentra reunido en tan gran cantidad, como sucede en las calderas que tienen una sola cámara de vapor, y porque el enlace ó unión de todos los tubos está dispuesto en secciones de tal modo, que si en una cualquiera de ellas ocurriera una explosión ó se quemara un tubo, se descarga por él el agua y el vapor, saliendo mezclados con las cenizas del hogar por la chimenea.

Esta división en secciones ó haces de tubos presenta la ventaja de que siendo independiente una sección de otra, cualquier reparación que haya que hacer en una de ellas, no afecta en nada á las demás, y por tanto, se puede extraer el haz deteriorado y continuar funcionando la caldera.

Todos estos tubos, así como el hogar, se envuelven ó encierran en una cámara formada de chapas de hierro revestida de mampostería y fuertemente consolidada con un *engatillado*

ó barras de hierro verticales y horizontales, que constituyen un armazón que sujeta á la mampostería.

Otro tipo de este sistema de calderas es la construida por M. Naeyer, Fig, 157. Lo mismo que la anterior, se compone de una série de tubos de pequeño diámetro, de unos 3 metros de longitud, unidos de dos á dos, constituyendo un *elemento* por medio de dos cajas rectangulares *a*, en las que entran sus extremos: estos tubos terminan en forma cónica, con objeto de que sea más perfecta la unión con la caja, sin necesidad de mastic.

Estas cajas se comunican entre sí, las de una misma línea vertical, por medio de unos pequeños tubos *c* que van de una á otra y que se disponen de modo que no estén en línea vertical sino quebrada. Estos tubos de unión se sostienen por medio de puentes y pasadores.

Estas cajas y esta disposición es la misma en los dos extremos del tubo, ó sea en las caras anterior y posterior de la caldera.

En la parte superior del frente de la caldera hay un tubo colector de vapor *b*, con el que comunica cada caja superior de cada una de las séries de elementos que hay, y el cual comunica á su vez con un recipiente cilindrico *d*, de donde se toma el vapor.

En la parte inferior de la cara posterior de la caldera hay otro tubo colector que establece la comunicación con todas las cajas inferiores de las distintas séries, y que también comunica con el mismo recipiente *d*.

Estos tubos se disponen inclinados 13° hácia su parte posterior, para facilitar la salida á las cajas del vapor producido.

Esta caldera se llena de agua hasta que su nivel alcance la parte inferior del depósito de vapor *d*, para que se reparta igualmente por todos los tubos, y para que la circulación de

ésta sea constante y completa: la purga se verifica en el colector inferior.

La llama y gases producidos en el hogar no marchan directamente á la chimenea atravesando la masa de tubos, sino que se colocan paralelamente á estos tubos y entre ellos dos ó tres planchas que dividen á la capacidad ocupada por los tubos en dos ó tres compartimentos, por los cuales discurren las llamas y gases, recorriendo este zigzag y bañándolos en toda su longitud.

Las ventajas de esta caldera son: producir vapor más seco que en las anteriores, porque en ellas no ha de recorrer en contacto con el agua el vapor producido más distancia que la longitud del tubo, puesto que desde la caja se eleva al colector directamente, proporcionar una enorme superficie de caldeo, que alcanza á 1,75 metros cuadrados por caballo, y vaporizar hasta 21 kilógramo par caballo y hora.

Su conservación y reparación es muy fácil, porque cada elemento es independiente de todos los demás. Cada elemento mide 2,20 metros de superficie, y está probado á 40 atmósferas.

La caldera Sinclair, Fig. 158, es también multitubular é inexplosible como las dos ya estudiadas, y su diferencia esencial consiste en que estos tubos, en vez de estar enlazados por cajas, vienen á desembocar todos ellos en dos cámaras, una anterior y otra posterior, que están llenas de agua. Estas cámaras no son completamente verticales, sino que forman hácia su mitad un ángulo muy obtuso, con el objeto de que siéndoles normales los tubos, se dividan estos en dos haces ó secciones separados é inclinados en sentido contrario, con el fin de que la mitad del vapor producido vaya por una de estas cámaras al depósito, de donde se toma, y la otra mitad del vapor vaya por la otra cámara al mismo depósito.

La marcha de los gases y llamas es la misma que en la Naeyer.

Las reparaciones y sustituciones de estos tubos se hacen con facilidad, porque la pared exterior de la cámara anterior de agua está provista de unos agujeros colocados enfrente de cada tubo, por los que se sacan los deteriorados y se meten los de repuesto. Estos agujeros están cerrados por un tapon cónico con el vértice hacia afuera, con el fin de que cuanto mayor sea la presión interior mayor sea el cierre conseguido.

Además de las cámaras laterales de agua hay otro depósito cilíndrico colocado en la parte superior de ellas, que proporciona á estas y á los tubos el agua necesaria.

En sus efectos, esta caldera es semejante á la Naeyer.

Cuando hacemos que el cielo del hogar de una caja de fuego no sea paralelo á la rejilla, sino que forme un ángulo de 45° con ella, de modo que sea mayor la altura que hay en la entrada que en el fondo del hogar, la llama producida retrocederá, acabando de quemar los gases que no lo han sido todavía, y que son los que se desprenden del carbón recién echado ó *fresco* en la delantera. Este hogar recibe entonces el nombre de *fumívoro*.

Esta clase de hogares los ha utilizado *Sulzer* en sus calderas tubulares, dando á estos tubos la misma inclinación de 45°.

Estas calderas no consisten más que en una serie de tubos inclinados que por uno de sus extremos están en comunicación con la caja de fuego y por el otro con la chimenea, después de conducir los gases por las paredes exteriores del cilindro exterior que rodea á los tubos y que contiene el agua.

Esta no se eleva á más que la mitad de altura de los tubos, de modo que estos atraviesan la cámara de vapor, secándolo y recalentándolo.

No es, pues, más que una caldera vertical tubular inclinada 45° cuyo hogar es fumívoro y cuyas paredes exteriores es-

tán bañadas por los gases aumentando así la superficie indirecta de caldeo.

Tenbrinck ha dado otra disposición á estos hogares, haciendo que la rejilla, en vez de ser horizontal, esté fuertemente inclinada hácia abajo, á fin de que los gases producidos en el fondo suban por el cielo mezclándose con la llama: en el momento de hacer una carga, que ha de ser en pequeña cantidad y en trozos no gruesos, se abre la puerta del cenicero para activar la entrada de aire. Las escorias y cenizas se amontonan en el fondo del hogar. La Fig. 159 representa á la vez la caldera Sulzer y el hogar Tenbrinck.

LECCION XLI.

Calderas de locomotoras.—Caja de fuego.—Su armadura de consolidación.—Caja de tubos.—Su disposición.—Colocación y sustitución de tubos.

La caldera de una locomotora, Fig. 160, se compone de tres partes: caja de fuego, caja de tubos y caja de humos.

La *caja de fuego* es una caja de paredes dobles; la interior, que es de cobre rojo de primera calidad, para que resista la acción del fuego, y la exterior, que es de palastro.

Entre estas dos paredes, que están separadas lateralmente ocho á diez centímetros, circula el agua, rodeándola completamente y elevándose diez ó quince centímetros sobre el cielo del hogar ó de la caja.

En el fondo de esta caja está el hogar y el cenicero, provistos de sus correspondientes rejillas y puertas. Esta doble caja tiene que estar perfectamente consolidada, porque ha de resistir á la presión del vapor que sobre ella obra, por intermedio del agua que la rodea; presión que es muy notable, porque con estas calderas se trabaja á un número de atmósferas muy elevado: así, si estas son 8, ó sea 8 kilogramos por centímetro cuadrado, y si el cielo del hogar mide

un metro cuadrado, la presión total que actúa sobre el hogar será de 80.000 kilogramos. Así, pues, hay que asegurarse bien de la solidez de su armadura, de sus tirantes y de sus escuadras. Esta necesidad de consolidar la caja de fuego en una caldera de hogar interior, no existe, porque como aquella es cilíndrica y esta superficie es indeformable, no presenta los peligros que los hogares y cajas de las locomotoras, cuyas caras son planas y su cielo semi-cilíndrico á lo sumo.

La mayor parte de las explosiones ocurridas en esta clase de calderas, no reconoce otro origen que la rotura de la caja de fuego, producida por el rompimiento de algunas de las piezas de su armadura de consolidación, ó por debilidad para resistir las presiones desarrolladas. Pero al lado de la necesidad de consolidar esta caja, dotándola del número de piezas necesario, tirantes, escuadras, pasadores, etc., tenemos el inconveniente de que cuanto mayor sea su número, mayor es el peligro que se corre con el aumento consiguiente que por causa de tanto cuerpo sumergido en el líquido toman las incrustaciones, haciendo más difícil y más frecuente su limpieza.

Hay, pues, que estudiar muy detenidamente una disposición de armadura de consolidación que, al corto número y sencillez de sus piezas, una la seguridad que se desea alcanzar; problema que sólo puede resolverse por medio de los datos que suministra una práctica de gran número de años.

Esta consolidación se logra con pasadores de hierro, acero ó cobre, terminados en rosca por sus dos extremos y remachados además, Fig. 160 *a*: como el peligro de rotura lo tienen en la rosca atornillada á la chapa, llevan, para prevenir este accidente, un pequeño agujero, en una cabeza, de dos á tres milímetros de diámetro, por quince á veinte de largo, por el que se escapa el vapor cuando la rosca no está ya en buen estado.

El cuerpo de la caldera ó caja de tubos es un cilindro hueco, cuyas bases están agujereadas, para dar paso por estos ori-

ficios á los tubos que conducen las llamas y gases desarrollados en el hogar. En el interior del cilindro, y sumergiendo á los tubos, está el agua que se ha de vaporizar.

Estos tubos, cuyo número conviene aumentar todo cuanto se pueda, no pueden estar demasiado próximos, porque entonces se debilitan mucho las placas que forman las bases del cilindro en que van implantadas, y porque las incrustaciones se depositan sobre ellos entrelazándolos y aislándolos de la masa de agua, lo que ocasiona su pronta destrucción: por esta última razón, no deben estar tampoco ni demasiado próximas á las paredes del cilindro que los envuelve, ni demasiado bajos ó próximos al fondo.

Estos tubos, que en un principio se fabricaban de cobre, se construyen hoy de latón ó de hierro.

Los de cobre son mejores conductores del calor, pero tienen el inconveniente de que se deterioran pronto y que se aplastan por la presión: los de hierro son menos conductores del calor y se queman con prontitud, dando lugar á numerosos escapes: los de latón son los que gozan de las ventajas de ambos sin poseer en tan alto grado sus desventajas.

Estos tubos se fijan á las dos *placas tubulares* por junta seca formada por el mismo tubo, que se ensancha en sus extremos por medio de una *punceta* ó de un *mandrín* bien calibrado, ó bien por medio de un *anillo* ó *virola* cónica, que se coloca en el interior del extremo del tubo, como á unos dos ó tres milímetros de su borde.

Cuando hay necesidad de tapar un tubo porque se ha quemado y produce un escape, ó porque ha reventado, se consigue fácilmente por medio de un tapón cónico de madera dura que se coloca en cada una de los extremos del tubo: esta operación se hace cogiendo el tapón por su cabeza más gruesa con una herramienta á propósito y de longitud bastante que permita colocarlo á través del hogar: se golpea sobre el tapón por in-

termedio de esta herramienta, hasta que ya no se pueda hacerle entrar más, y entonces queda el tubo tapado: la parte saliente del tapón se quema por sí sola hasta enrasar con el tubo, sin que se comuniqué el fuego al resto del tapón.

Para reemplazar un tubo deteriorado por otro nuevo, se quita á aquél el anillo ó virola, si lo tiene, se estrechan sus bocas replegando hácia dentro sus bordes, y tirando fuertemente se saca al exterior, poniendo en su lugar el nuevo y haciéndole sus juntas como hemos dicho.

Los derrámes pueden también verificarse por las *mallas*, ó sea por los macizos que hay en la placa entre tubo y tubo; en este caso, la causa ocasional es la mala calidad de la placa, su contracción súbita ó la ovalización de los agujeros para los tubos; su reparación es ya obra de taller, que exigirá la reposición parcial ó total de la placa averiada, según la mayor ó menor importancia del daño sufrido.

La resistencia que los tubos presentan al aplastamiento por causa de la presión exterior que les rodea, está en razón inversa del diámetro y de su longitud cuando son cilindricos de sección circular; pero si fuesen elípticos sólo ofrecerían la tercera parte de esta resistencia.

La superficie de caldeo que proporcionan los tubos, y que es lo que hemos llamado superficie indirecta, es de mucha consideración; su potencia de vaporización es la tercera ó cuarta parte de la potencia de vaporización de la caja de fuego, ó sea de la superficie directa de caldeo. La relación entre una y otra superficie varía entre $\frac{1}{10}$ y $\frac{1}{15}$.

La *caja de humos* es una capacidad en la que se reúnen todos los gases que han atravesado los tubos antes de salir por la chimenea: esta caja tiene una puerta que cierra herméticamente y que sirve para visitar, limpiar y reponer los tubos.

En esta caja se implanta la chimenea, ó sea el tubo de chapa de hierro que lanza á la atmósfera todos los productos de la

combustión: su altura está determinada por la de los túneles y otros pasos obligados, y su sección está en relación con las demás dimensiones de la caldera, sin que su mayor ó menor área tenga gran influencia, toda vez que el tiro de ellas es forzado por el escape del vapor. Estas chimeneas suelen llevar en su extremo superior una tapadera ó *capuchón* que sustituye al registro del tiro en las chimeneas de mampostería: se regulariza también el tiro por medio del mayor ó menor escape que se dé al vapor, por medio de la puerta del cenicero, según se abra más ó menos, y por medio de la puerta de registro de la caja de humos, que al entreabrir la refresca la base de la chimenea, disminuyendo el tiro. *

* Por último; también puede verificarse un derrame por el botón fusible que se coloca en el cielo del hogar, si aquél llega á quedarse con poca agua encima ó se recubre de incrustación, pues fundiéndose entonces, deja libre una gran vía al agua. Más adelante nos ocuparemos del servicio que prestan estos botones.

LECCION XLII.

Accesorios ó guarnicion de una caldera.—Descripción de los indicadores y grifos de nivel, del manómetro, del salinómetro, del grifo de purga.

Para que la persona encargada de conducir ó llevar una máquina pueda conocer con toda seguridad lo que en cada instante sucede en el interior de una caldera, para vigilarla, regularizar su marcha y corregir las irregularidades que en determinados momentos ocurren, así como para subvenir á sus necesidades ordinarias, es indispensable que esta caldera esté provista de ciertos aparatos que le revelen todos estos pormenores y que le procuren los medios de satisfacer todas las exigencias ordinarias ó extraordinarias que puedan presentarse.

Sabemos que es forzoso reponer en las calderas el agua que se vaporiza y que se extrae para disminuir las incrustaciones, que es preciso conservar á ésta en un determinado nivel, que es indispensable medir la tensión del vapor, etc. Sabemos que cuando la fuerza elástica del vapor toma tal incremento que vence á la resistencia que le ofrecen las paredes de su cámara, se producen terribles explosiones, que á toda costa deben evitarse por los medios más á propósito.

Tenemos, por tanto, que ocuparnos primeramente de los

aparatos indicadores, y después de los aparatos que atienden y llenan las necesidades indicadas por aquellos.

Para conocer el nivel que alcanza el agua dentro de su cámara, se usan los aparatos conocidos con los nombres de *tubo de nivel* y *grifos de prueba*. El primero consiste en un tubo cilíndrico de cristal *a a*, Fig. 161, de paredes muy gruesas, el cual se aloja en dos armaduras de bronce *b b*, afirmadas en el frente de la caldera: estas armaduras son huecas en su interior y tienen un grifo *c c'* que se abre ó se cierra para establecer ó interrumpir la comunicación del tubo *a a* con estas armaduras. Es evidente que si colocamos una de estas armaduras por bajo del nivel del agua en la caldera y otra por encima, por la primera entrará agua al tubo *a* y por la segunda vapor cuando abramos estos grifos: y que el nivel que alcance el agua en el tubo *a* será siempre el mismo que alcanza en la caldera; luego observando éste, conoceremos el nivel en aquélla. Si la armadura inferior se coloca á una altura tal que cuando baje el nivel del agua en la caldera tanto que no pase ya al tubo *a*, sino que éste se llene por completo de vapor, nos indique que se halla ya próximo el momento en que va á quedar á descubierto el cielo de la caja de fuego, nos avisará al mismo tiempo el peligro inmediato de una explosión.

Es, por tanto, muy importante que este aparato esté perfectamente instalado y marche con exactitud. La junta del tubo de cristal con la armadura de bronce se hace con unos prensa-estopas que se atornillan á estas armaduras, ó con unos suplementos de caoutchuc, á fin de que la desigual dilatación del bronce y del cristal no dé ocasión á escapes ni produzca la rotura del tubo.

Puede suceder que se tape alguna de las comunicaciones de la caldera con el tubo indicador. Estas obstrucciones son causadas por los sedimentos ó sustancias segregadas por el

agua de la caldera que estén flotando cerca de su superficie y que sean arrastrados mecánicamente á estas aberturas.

Si es la superior la que se encuentra tapada, entonces el tubo se llena todo de agua; si es la inferior, se queda constantemente invariable su nivel, y tanto en uno como en otro caso, la indicación acusada es falsa: entonces, si es la comunicación superior la que se presume cerrada, se cierra el grifo c' , se abre el c y el d , que está en la parte más baja de la armadura inferior, y el vapor saldrá por e si la comunicación c está espedita, y no saldrá si está obstruida: si se presume sea la comunicación inferior la que esté obstruida, se cierra el grifo c y se abren los c' y d , y si no sale agua por e , es evidente la obstrucción.

Estas obstrucciones suelen desaparecer, cuando existen, con sólo ejecutar la maniobra antedicha, porque la fuerza elástica del vapor vence ó domina á la causa que la produjo; pero si no se consiguiera esto, se pasan unos alambres fuertes por unos agujeros $f f$ que suelen tener las armaduras enfrente del hueco que comunica con la caldera, y con ellos se deshacen las incrustaciones formadas.

Estos agujeros, así como otro g que hay sobre el tubo de cristal destinado á su limpieza, están tapados con un tornillo que se quita en el momento necesario.

Los grifos de prueba son unos grifos ordinarios de bronce que se colocan en el mismo frente de caldera, y que sirven para acusar los dos niveles extremos ó límites que puede alcanzar el agua sin peligro. El superior se coloca en el límite superior, más allá del cual no conviene suba el nivel del agua, por lo cual este grifo, siempre que se abra, debe dar salida á vapor y no á agua: el inferior se coloca en el límite inferior que puede tener el nivel del agua para que no quede al descubierto la caja de fuego; por esto este grifo al abrirse debe dar salida siempre al agua y nunca al vapor.

Las indicaciones de estos grifos son menos precisas que las del tubo de nivel, pero en cambio son más seguras y más concluyentes.

También se puede conocer el nivel del agua en la caldera empleando un flotador cualquiera que marque al exterior su posición, ya sea por medio de un hilo ó barra delgada que atraviesa la caldera por en medio de un tubo con su prensa-estopas, y que pasando por una polea exterior lleva en su otro extremo un ligero contrapeso que corre á lo largo de una escala ó se ata al índice de un sector graduado que marca los centímetros que ha descendido el nivel.

El manómetro, ó sea el aparato por el cual se revela al exterior la tensión que el vapor tiene dentro de la caldera, va también colocado al frente de la misma, con el objeto de que sea visto constantemente por el maquinista y por el encargado de conducir el fuego del hogar. Conocido ya su mecanismo y modo de obrar, sólo nos queda decir el modo de colocarlo, á fin de que sus indicaciones sean precisas.

Se pone en comunicación con la caldera por medio de un tubo corto de pequeño diámetro, que desemboca por un lado en la cámara de vapor y por otro en el manómetro; este tubo ha de ser muy corto, con el objeto de que el vapor no se condense en el interior del tubo ó del aparato, y acuse entonces presiones mayores que la verdadera, toda vez que serán debidas á la fuerza elástica y al peso del vapor condensado.

Si el tubo encorvado del manómetro metálico llega á obstruirse, no hay más remedio que desmontarlo y sustituirlo por otro nuevo, toda vez que su reparación sólo puede ser hecha por un fabricante de estos instrumentos. Si el manómetro es de mercurio, para limpiar el tubo sólo se empleará un pedazo de esponja ó de trapo embebido en petróleo, formando bola ó tapón, que se ata á un hilo y que por medio de un peso adicio-

nal de plomo, por ejemplo, se introduce en el tubo hasta su fondo: no puede emplearse en esta limpieza ningún cuerpo rígido, ni aun un alambre delgado de latón, porque por el sitio en que hiera al tubo, siquiera sea muy ligeramente, por allí se rompe al recibir la presión del vapor.

La principal condición que se debe exigir en la colocación de un manómetro, es que esté siempre bajo el alcance de la vista del maquinista, para que sea constantemente observado por él. Si el maquinista llegara á temer que en un momento dado el tubo encorvado se ha hecho inextensible, lo conocerá en el acto, aumentando la salida ó consumo de vapor, ó alimentando con gran cantidad de agua la caldera; en uno y otro caso, la presión ha de descender, y por tanto, el manómetro ha de acusar esta disminución en el instante, si está en buen estado.

Otro de los cuidados diarios que debe tener el maquinista, es el de renovar una parte del agua contenida en la caldera, con el agua destinada á la producción del vapor, con el objeto de hacer desaparecer la excesiva concentración del agua que durante todo el día está sirviendo, concentración que ocasiona la mayor producción de sedimentos é incrustaciones, y dar salida por arrastre mecánico á los depósitos no adherentes y sustancias no adheridas todavía, que están en suspensión en el líquido.

Estas extracciones se verifican por un *grifo de purga* ó *de descarga*, colocado en la parte más baja de la caldera: su diámetro ha de ser bastante grande para que no se obstruya con el sedimento formado, y se coloca atornillado sólidamente sobre la caldera misma, ó á un tubo que á su vez está atornillado á aquella.

El agua extraída se recoge en un cubo ó sale al exterior del edificio por otro tubo que se adapta á la boca del grifo, ó á un pequeño depósito que hay debajo de éste.

El movimiento de la llave de este grifo se hace por medio de una pequeña palanca dispuesta de modo que se pueda manejar con prontitud y facilidad sin quemarse. Debe también tenerse cuidado de no abrir demasiado la llave, para que no quede al descubierto la superficie calentada.

Cuando la purga de la caldera se ha de hacer, no periódica sino constantemente, entonces hay necesidad de usar aparatos análogos á los que se emplean para introducir el agua en la caldera, ó sean bombas semejantes á las de que nos ocuparemos cuando hablemos de la alimentación.

Esta es la que se denomina *purga de superficie*, porque el tubo absorbente de la bomba desciende pocos centímetros por bajo del nivel del agua en la caldera.

Cuando se emplea agua del mar, conviene saber el grado de concentración que este agua tiene dentro de la caldera, no sólo porque los sedimentos alcanzan grandes proporciones con una excesiva concentración, sino porque el punto de ebullición del agua se retrasa á medida que aquella concentración aumenta, y por tanto, se consume carbón indebidamente.

El aparato que con este objeto se emplea se llama *salinómetro ó areómetro* en general.

El areómetro ó pesa-licor, Fig. 162, es un aparato formado por un vástago de vidrio *a b*, en el que va marcada una escala, unido á una parte hueca *b c*, que á su vez se une á otra capacidad menor *d*: si este aparato lo introducimos en un vaso con agua, no se sostendrá verticalmente, si no se lastra por medio de un peso, mercurio ó perdigones, etc., colocado en *d*: cuanto más ligero sea el liquido, más se sumergirá el aparato, y cuanto más pesado sea aquél menos se sumergirá éste.

Este aparato se sumerge en un vaso *a b*, Fig. 163, que tiene en su parte inferior un tubo *c*, por el que recibe el agua de la caldera: dentro de él hay otro vaso *d e*, que tiene en su parte superior una arandela con tres agujeros, uno en el cen-

tro para dar paso al areómetro, otro para colocar un termómetro, y el tercero para el tubo *g* de descarga: este vaso lleva unos agujeros para dar paso al agua del otro *a b*.

Abierta la llave del *c* entra el agua de la caldera en *a b*, penetra en el *c d*, y la sobrante cae por *f*: se deja enfriar hasta que marque el termómetro 200° Fahrenheit, ó sean 93 centígrados y se lee en la escala del vástago el grado de concentración del agua, que está expresada en 32 avos: al marcar 2½ divisiones, debe comenzarse la extracción del agua de la caldera, por estar ya demasiado concentrada.

Sino se poseyera el salinómetro (vaso), puede hacerse la operación en una vasija cualquiera, en la que se recoja el agua de la caldera, y en la que se sumergen el termómetro, que queda sujeto al borde del vaso por un muelle que lleva á propósito, y el areómetro, que se introduce para que flote en el momento oportuno.

Las extracciones tanto periódicas como continuas, no deben hacerse más que en la cantidad estrictamente necesaria, porque cada una de ellas ocasiona el consumo de carbón necesario para elevar la temperatura del agua que ha entrado á la misma que tenía la que se ha extraído; pero tampoco deben economizarse más de lo necesario, porque entonces incurrimos en el mismo defecto de aumentar el consumo de carbón, por causa del mayor espesor adquirido por la costra incrustante, con la sola diferencia de que en este último caso es muchísimo mayor la pérdida de calor que sufre la caldera.

* Esta cantidad se determina por la fórmula $C = \frac{e^2}{32 + e^2}$ siendo *C* = cantidad de calor perdido y *e* = espesor de la incrustación expresada en diez y seis avos de pulgada

($\frac{1}{16}$ pulgada = 1,5 milímetros)

Así, si suponemos que la costra incrustante mide 6 milí-

metros de grueso, ó sean $\frac{4}{16}$ pulgadas, diremos que el calor que se pierde ó se deja de absorber por la chapa de la caldera

$$\text{es } C = \frac{4^2}{32 + 4^2} = \frac{16}{48} = 0,33$$

ó sea el 33% del calor producido.

El hierro es 30 veces mejor conductor del calor que las incrustaciones formadas en una caldera; así, pues, tiene que ser siempre muy notable la pérdida de calor que estas produzcan

LECCION XLIII.

Toma de vapor.—Domo.—Válvula de comunicâción.—Válvula de seguridad.—Tubo de desahogo.—Válvula atmosférica.—Botón fusible.—Aparatos de alarma.

El vapor que ya se ha producido en la caldera y que está encerrado en el espacio llamado cámara de vapor, tiene necesidad de ser llevado al receptor de la máquina para que en él desarrolle su fuerza elástica. Es por lo tanto necesario disponer en la caldera, el medio necesario para ello y en el sitio ó lugar que sea más á propósito.

Ya indicamos al describir las calderas Galloway que en la parte superior de la cámara de vapor, se colocaba un tubo provisto de aberturas longitudinales ó de pequeños agujeros que reservaba al vapor contenido en él, de la humedad que producía la ebullición tumultuosa del agua sobre la caja de fuego, y una formación demasiado rápida del vapor: dijimos también que en las calderas multitubulares había un tubo colector del vapor como en las Belleville, ó un recipiente superior como en las Naeyer. Pues bien, como una de las principales condiciones que debe tener el vapor, es el estar todo lo seco que sea posible conseguir, y en estos tubos es donde más lo está, claro es, que de aquí se ha de tomar el vapor para llevarlo al ci-

lindro receptor; pero como esta salida ó paso de vapor no ha de ser constante ni en tiempo, ni en cantidad, de aquí el que se necesite una válvula que se llama de *comunicación*, porque establece ó interrumpe la comunicación del cilindro y de la caldera.

En otras calderas como las de Coruwral y las de hervidores se dispone una cúpula ó capacidad saliente sobre la cámara de vapor, formando parte de ella, á fin de que allí se acumule el vapor producido separándolo todo lo posible de la proximidad del agua para que esté más seco: esta capacidad llamada *domo* se fija sobre la caldera hácia la mitad de su longitud por medio de remaches ó roblones y lleva la válvula de *comunicación* antes dicha.

Esta válvula, que es de bronce, se mueve á mano por el maquinista para abrir ó cerrar la comunicación y si como sucede en casi todas las máquinas fijas hay cerca del cilindro en el tubo que conduce el vapor otra válvula llamada *regulador*, de *admisión* ó de *cuello*, no hay inconveniente en dejarla constantemente abierta del todo, porque por medio de esta segunda se regula y normaliza la cantidad de vapor que ha de llegar al cilindro; pero si esta segunda válvula no existiera entonces, la primera tiene que desempeñar á la vez el doble papel de válvula de comunicación y de admisión y por tanto hay que abrirla más ó menos, según convenga á cada instante.

Otro de los aparatos que se colocan en el domo ó en los tubos ó recipientes colectores son las *válvulas de seguridad*, que no son otra cosa más que aberturas cerradas herméticamente por un obturador, que en un momento dado se abren para dar salida al vapor cuando éste se ha producido con exceso: han de funcionar automáticamente para que este desahogo de la cámara de vapor se verifique con independencia de la voluntad del maquinista y en esto estriba su poderoso auxilio, puesto que precaven y evitan cualquier descuido que éste pueda te-

ner en la marcha de la caldera y que lleve consigo la producción de exceso de vapor y consiguientemente el exceso de presión sobre la calculada para la resistencia ó espesor de sus paredes.

Consiste en una válvula cónica *a*, Fig. 164, que se mueve verticalmente para abrir ó cerrar el paso del vapor que llega por *b*; lleva una varilla vertical *c* que se une á una palanca de segundo género *d e* que lleva un peso en su extremo *e*. Es evidente que si este peso lo aumentamos ó lo disminuimos ó lo corremos á lo largo del brazo *d e* separándolo ó aproximándolo al punto *c*, podremos conseguir que equilibre á la acción de la resistencia que obra en el punto *e* y que no es otra que la fuerza elástica del vapor actuando sobre la cara inferior de la válvula *a*; luego si ésta está cerrada no podrá abrirse mientras esta tensión no aumente y vice-versa tan pronto esta presión aumente, la válvula asciende, deja paso al vapor y la presión baja en la caldera, siguiendo abierta la válvula hasta tanto no se restablezca el equilibrio. Por tanto, con las leyes de la palanca podremos determinar ó el peso que se ha de colocar en un punto dado de ella ó el brazo de palanca del peso siendo constante, para equilibrar á una presión determinada en la caldera, de la que no se quiere exceder nunca.

Cuando estas válvulas se quieren aprovechar como aparatos para desahogo de la caldera en cualquier momento, entonces se abren ó cierran á voluntad por el maquinista, aliviando de peso la palanca ó corriendo ésta sobre su brazo; y en este servicio se ha de tener presente que no se abra bruscamente por completo toda la válvula, porque entonces se puede producir la explosión que se trata de evitar: en efecto; al dar rápida salida al vapor baja prontamente la tensión en la caldera y el agua libre en aquel instante de la presión que sobre ella actuaba, emite prontamente enorme cantidad de vapor que mezclado con gran parte de agua, choca violentamente contra las

paredes de la caldera y puede causar su rotura: se han de abrir por tanto gradualmente estas válvulas. En este caso, ejercen la misión de *tubos de desahogo*.

En vez de una palanca y un peso que equilibre la tensión del vapor, se usan también muelles ó resortes colocados directamente sobre la válvula y cuya elasticidad contraresta la presión que ésta sufre, Fig. 165.

Estas válvulas pueden desempeñar hasta cierto punto el papel de manómetros, bien sea llevando las de resorte un índice que marque en una escala, bien dividiendo la barra de la palanca; pero estas indicaciones no pueden ofrecer nunca ni la seguridad ni la sensibilidad de aquellos aparatos.

Tanto el asiento como la válvula son de bronce y la palanca de hierro de calidad superior.

La válvula atmosférica desempeña funciones contrarias á la válvula de seguridad. Esta válvula tiene por objeto dar entrada al aire atmosférico en la caldera, cuando la presión del vapor en ésta es inferior á una atmósfera; cosa que sucede cuando languidece ó se apaga el fuego. En este caso, la presión del aire exterior no estando contrarestada por la del vapor, obra sobre toda la superficie exterior de la caldera y tiende á abollarla, toda vez que la consolidación de los generadores obedece al propósito de hacerlos resistentes á la presión que obra de dentro hácia fuera. Cuando esto suceda, la válvula atmosférica, que no es más que una válvula que se mueve de arriba á abajo, abre paso á la entrada del aire que penetra en la caldera hasta equilibrar á la presión atmosférica exterior.

Uno de los mayores peligros que se pueden correr con una caldera, es que bien sea por descuido, bien sea por entorpecimiento del aparato de alimentación, llegue aquella á encontrarse sin agua en la parte superior de la caja de fuego ó superficie directa de caldeo, porque si esto sucediera, estas chapas calentadas al descubierto se enrojecerían y al alimentar la

caldera ó sea al introducir el agua de repuesto, ésta en su contacto con la plancha candente toma el estado esferoidal de un modo semejante al que toma una gota de agua que se arroja sobre una plancha muy caliente, que sabemos ya se convierte en una esfera que se eleva sobre la plancha sin tocarla y que así se vaporiza sino disminuye la temperatura de la plancha, pero que en disminuyendo ésta, cae de repente la gota de agua sobre la plancha é instantáneamente se vaporiza. Pues del mismo modo sucede en la caldera, que la entrada de gran cantidad de agua cuando la superficie de caldeo está enrojecida, ocasiona el estado esferoidal y al disminuir la temperatura de aquella superficie por el calor que le roba el agua, cae ésta sobre las planchas y se vaporiza en el instante, produciendo una presión instantánea de cientos de atmósferas que hace estallar en el acto á la caldera más resistente.

Es preciso, por tanto, evitar que tal suceso ocurra, y por más que el único medio de lograrlo es el cuidado asiduo y vigilancia no interrumpida del maquinista ó fogonero, se disponen en la caldera algunos medios automáticos que puedan prevenir el accidente.

Uno de ellos es un botón de plomo ó de aleación llamada Darcet, ó bien de la aleación que expresa el cuadro siguiente, que se coloca atornillado sobre el hogar en la caja de fuego. Mientras este botón esté recubierto por el agua, no se funde; pero en el momento en que queda en seco se funde, y por el agujero que deja cae sobre el hogar el agua y el vapor, apagándolo.

COMPOSICION DEL BOTÓN FUSIBLE,
según la temperatura á que se haya de fundir.

Grados centígrados.	Plomo.	Estaño.	Bismuto.
100	6,44	3,00	8
121	8,00	7,50	8
134	12,64	8,00	8
144	15,00	8,00	8
152	16,00	19,00	8
159	25,15	24,00	8
165	27,33	24,00	8
170	29,41	24,00	8

Otro de los medios usados para advertir al maquinista de este peligro, son los diferentes *aparatos ó pitos de alarma* que, obedeciendo á un mismo principio y á una misma idea, se colocan en las calderas, y de los cuales no podemos hacer una descripción individual, porque son numerosísimos, pero para dar una idea de ellos, describiremos uno de los más sencillos, que es el *pito de alarma de Bourdon*, Fig. 166.

Consiste en un flotador *A* que por medio de la varilla *AB* se une á la palanca *BC*, que lleva un contrapeso de equilibrio y que gira al rededor de *D*. El exceso ó falta de agua se conoce en la posición de la palanca, diferente de la horizontal.

Una cadena une á *B* con la válvula *E*, la que al ser abierta por falta de agua, produce un silbido que avisa al maquinista la necesidad de alimentar.

El pito de alarma de Blake consta de un tubo que lleva en

su parte superior un botón fusible *a* y un silbato *b*; cuando este tubo se sumerge en la caldera de modo que su extremo inferior esté en el límite inferior que debe alcanzar el agua, es claro que si ésta desciende más subirá el vapor por este tubo, y fundiendo el botón se escapará por el silbato, produciendo el aviso deseado. Una llave *c* pone en función á este aparato ó le deja inactivo. Un segundo grifo *d* permite asegurarse en cada instante del buen estado del aparato.

Los *pitos de señales ó silbatos de vapor*, no son más que tubos que dan salida á el vapor de la caldera, chocando éste sobre un timbre, que al vibrar produce el silbido que se desea. Según sea la composición metálica del timbre, su tamaño y forma y la cantidad de vapor que salga, así el silbido es más ó menos agudo ó grave.

Estos pitos se mueven por una sencilla palanca que mueve la válvula de salida del vapor ó simplemente por una llave.

LECCION XLIV.

Aparatos para la alimentación de las calderas.—Bomba aspirante-impelente movida por la máquina.

A medida que el agua se convierte en vapor y éste se gasta en el receptor de la máquina, ó lo que es lo mismo, á medida que se gasta el agua en una caldera, hay necesidad de ir-la reemplazando por otra nueva; como la caldera es un vaso completamente cerrado, en cuyo interior se desarrollan presiones de consideración que es necesario vencer para que el agua exterior penetre en el interior, es evidente que necesitaremos emplear máquinas ó aparatos que puedan verificar esta inyección de una manera segura y que puedan ser puestos en acción en los momentos necesarios.

A esta operación de sustituir el agua consumida por otra nueva, se llama *alimentar la caldera*, y á los aparatos que la verifican se llaman *aparatos ú órganos de alimentación*.

Los aparatos más usados todavía, á pesar de su mucha antigüedad, son las *bombas*. Una bomba se compone de una capacidad cerrada cuya comunicación con dos tubos se establece ó se interrumpe sucesivamente por medio de válvulas: en la capacidad cerrada llamada *cuerpo de bomba* se mueve un émbolo ó pistón que se ajusta exactamente á las paredes de éste. Este

contacto se establece por medio de cueros ó estopas colocados en su superficie cilíndrica exterior, que le permiten aislar completamente en dos capacidades distintas las dos partes del cuerpo de bomba que á uno y otro lado de él existen, sin que por esto se produzcan rozamientos de consideración.

Este pistón puede ser macizo ó hueco, según se desea que estas dos partes del cuerpo de bomba queden siempre incomunicadas, ó que por el contrario, se comuniquen á voluntad: en este último caso, el pistón posee varios orificios que se abren ó cierran por medio de *válvulas de charnela*.

Las bombas pueden ser de tres clases: *aspirantes*, *impelentes* y *aspirante-impelentes*.

Las primeras constan, Fig. 167, solo de un cuerpo de bomba *a b* con su pistón hueco y de un tubo de *absorción* ó *aspirante*, que lleva una válvula de cualquier sistema, de *charnela*, *cónica* ó *esférica*. El agua se eleva en virtud del vacío producido por el pistón en su movimiento alternativo dentro de su cuerpo de bomba. En efecto, si suponemos que el pistón asciende, sus dos válvulas *g g* se cierran, quedando incomunicada la parte superior del cuerpo de bomba con la inferior: con su movimiento ascendente ocasiona una capacidad que está vacía, que no contiene aire, y como entonces sobre la válvula *e* no hay presión alguna, al paso que de abajo hácia arriba la oprime la presión atmosférica, se rompe el equilibrio, la válvula sube y el aire contenido en el tubo *b d* se dilata y ocupa la capacidad engendrada por el pistón; pero esta dilatación lleva consigo una disminución en la presión que existe en el aire del tubo *b d*, y por tanto, sobre el nivel del agua en que está sumergido, la cual se vé obligada á ascender para igualar la presión atmosférica que obra sobre la parte exterior *h* y la interior *i*. Con esto queda ya restablecido el equilibrio atmosférico, y el agua ha ascendido en el tubo hasta una altura que podemos llamar *K*.

Al descender inmediatamente el pistón *e*, comprime el aire contenido en el cuerpo de bomba, y éste cierra la válvula *e* y abre las dos *g g*, pasando así al exterior el aire contenido en este cuerpo de bomba: vuelve á ascender el pistón y se reproduce lo antes dicho, abriéndose la válvula *e* y subiendo el agua más arriba del punto *K*. Repitiéndose esto sucesivamente, llega el caso de que el cuerpo de bomba se encuentra lleno de agua, y entonces, al bajar el pistón y comprimirla, ésta, como incompresible que es, abre las válvulas del pistón y pasa á la parte superior de él para ser arrojada en su movimiento ascendente por el tubo *f*. Se dice que la bomba está *cargada* cuando el agua existe ya en todo el cuerpo de bomba.

En la bomba *impelente*, el pistón es macizo y el cuerpo de bomba se sumerge directamente y sin intermedio del tubo de aspiración en el agua que se trata de elevar: en cambio el agua se eleva en el tubo *a b*, Fig. 168, todo cuanto permita la potencia que mueve el pistón; del mismo modo y con igual objeto existe en la unión del tubo *impelente a b* y del cuerpo de bomba una válvula de *retención e*, que impide la caída del agua contenida en aquel tubo cuando el pistón asciende. Su modo de funcionar es el mismo descrito para la bomba aspirante.

En la bomba aspirante-impelente se encuentran reunidas las dos disposiciones de las bombas anteriores: es decir, que constan de *cuerpo de bomba, de tubo aspirante y de tubo impelente*, Fig. 169.

Como hemos visto, el principio en que descansa la manera de funcionar una bomba es el equilibrio que siempre debe existir entre la presión atmosférica exterior y la presión interior en el cuerpo de bomba, y que el agua asciende por virtud de la fuerza presión atmosférica, que la impele: luego, es claro que este agua no podrá alcanzar mayor altura que los 10,™ 33 á que ya queda equilibrada esta presión atmosférica. Esta al-

tura todavía queda reducida á solos 8 m, porque esta misma presión atmosférica ha de vencer las resistencias ocasionadas por el rozamiento del agua contra las paredes del tubo, las de las válvulas etc. De modo, que nunca el tubo aspirante debe exceder de 8 metros de longitud, porque de otro modo, no llegaría el agua al cuerpo de bomba.

Por la descripción hecha de la manera de funcionar las bombas se comprende que si el pistón no estableciera, por medio de sus cueros ó estopas, la incomunicación absoluta entre las dos partes superior é inferior del cuerpo de bomba, no se lograría producir el movimiento aspirante ó impelente del aire ni del agua: esta incomunicación deja de existir al cabo de estar marchando algún tiempo la bomba, porque el rozamiento del pistón contra las paredes de aquel cuerpo ocasiona el desgaste del cuero ó estopa, y la bomba comienza á *perder agua*; es decir, á elevar menos de la que debía, hasta que por último cesa de hacerlo, porque ya el desgaste ha adquirido grandes proporciones. En este caso, hay que reponer aquellos; operación que exige sacar el pistón de su cuerpo de bomba y que es algo molesta y pesada.

Por esta razón se encuentra ventaja en el empleo de los pistones llamados *sólidos ó inmergentes*; estos son unos cilindros macizos de mucha longitud con relación á su diámetro, que se mueven dentro del cuerpo de bomba, sin tener contacto con sus paredes. Las alteraciones ocasionadas en las capacidades superior é inferior de este cuerpo, están producidas por el contacto íntimo que hay entre este pistón y una caja ó guarnición de estopas que le rodea en su parte superior y que se oprime y se lubrica tanto cuanto sea necesario para que no exista comunicación alguna entre el interior y el exterior, Fig. 170.

Esta disposición tiene la ventaja de que cuando se haya deteriorado ó gastado esta guarnición se repone con facilidad

suma por otra nueva, y de que la continua lubricación la hace más duradera y menos intenso el rozamiento del pistón.

Si, pues, una bomba de esta última clase, *aspirante-impelente, de pistón inmergente*, la hacemos mover por la máquina cuya caldera queremos alimentar, es evidente que aspirando el agua del depósito señalado la introducirá en la caldera por el tubo impelente, si hacemos que éste desemboque en aquella.

Próximo á la unión de este tubo con la caldera se dispone una llave *a*, Fig. 171, que tiene por objeto, cuando está cerrada, retener el agua en la caldera para que no salga al exterior en el caso de que el tubo impelente se rompiera, como suele suceder á veces.

Además, como el caño de inyección de agua es intermitente y no continuo, porque según hemos visto, el agua se absorbe en una corrida ó movimiento del pistón y se impele en la siguiente, hay que evitar que el agua de la caldera salga en el momento de la aspiración, por medio de una válvula que se llama de *retención* ó de *seguridad b*. De modo, que la bomba posee tres válvulas, una de aspiración, colocada en el tubo aspirante, y dos de impulsión, colocadas en el tubo impelente, una en su unión con el cuerpo de bomba, y otra cerca de la caldera. En rigor, basta una sola de estas válvulas.

Como también es necesario graduar la cantidad de agua que se quiere inyectar en una caldera, debe haber en un punto conveniente del tubo impelente una llave que permita dejar más ó menos paso á el agua impelida.

Estas bombas suelen llevar además entre las dos válvulas de impulsión un grifo que sirve para dar á conocer si las válvulas llenan ó no su misión: pues es evidente que abriendo el grifo nos dirá el agua por su salida intermitente si las válvulas de aspiración y retención se abren y se cierran á su tiempo debido.

Para simplificar todas estas disposiciones y para facilitar

su manejo y exámen, se reúnen en una sola válvula estas dos condiciones de retención y regularización: ésta es cónica *a*, Fig. 172, guiada en su movimiento por tres aletas verticales *b b b*, que forman ángulos iguales y que tocan á la pared interior de una boquilla ó pequeño tubo, á el que se une el tubo impelente de la bomba. El movimiento ascensional de la válvula está limitado por un tornillo que, según esté más ó menos calado, le permite mayor ó menor corrida ó abertura para dar paso al agua de alimentación.

Al verificarse la impulsión del agua sube la válvula y penetra aquella en la caldera: al producirse la absorción, la presión en ésta la obliga á bajar, cerrándola y quedando retenida el agua de aquella.

Estas bombas y sus válvulas son ordinariamente de bronce; su efecto útil es 0,60 del volumen engendrado por el pistón: su potencia es al menos triple de la que exige la máquina.

LECCION XLV.

Bomba de vapor.—Caballo de vapor.—Inyectores Giffard, Koerting y Cohnfeld.

Cuando la bomba de alimentación de una caldera está montada en la máquina motriz, es evidente que no puede ponerse en función aquella sino se pone antes en marcha ésta. Además, cuando se necesita alimentar una caldera que proporciona vapor á un aparato distinto de una máquina motriz, como un pulsometro, un calentador de vapor, una bomba de vapor, etc., habrá necesidad de usar bombas alimenticias que sean puestas en acción por medios apropiados.

En estos casos se emplean las bombas alimenticias, movidas por la fuerza del vapor que existe en la caldera que se trata de alimentar, ó por medio de una máquinita especial unida á la bomba. Las primeras son las llamadas *bombas de vapor de acción directa* para la alimentación, y las segundas se denominan *burro, borriquete, caballo ó caballito de vapor ó Donkey*.

Las primeras no son en su esencia más que una bomba aspirante-impelente, de las ya descritas, cuyas válvulas de aspiración é impulsión están en una caja reunidas muy al alcance del maquinista, para que su exámen y reparación sea

fácil y rápido; cuya caja está en comunicación con el cuerpo de bomba, donde existe un pistón macizo unido en un mismo vástago á otro pistón que se mueve dentro de un cilindro por la acción del vapor llegado de la caldera, y por el auxilio de una distribución: para vencer los puntos muertos y para la regularidad en la marcha, tienen además un pequeño volante puesto en movimiento por el mismo vástago de los dos pistones, Fig. 173, *A* = tubo de aspiración, *B C* = caja de válvulas, *D* = cuerpo de bomba, *E* = cilindro motor, *F* = tubo de admisión del vapor, *G* = volante.

Estas bombas van montadas sobre una pequeña placa, zócalo ó base de hierro colado que se sujeta á la pared ó á cualquier otro punto conveniente por medio de cuatro tornillos.

Aunque todavía no sabemos cómo la acción del vapor mueve al pistón del cilindro *E*, si lo damos en este momento por sabido y admitimos que el pistón *E* recorra la longitud de su carrera en uno y otro sentido, vemos que el pistón de la bomba es arrastrado por aquél recorriendo iguales distancias y verificando la absorción é impulsión alternativa ó simultánea del agua de alimentación.

Si suponemos que en vez de llegar por *F* el vapor de la caldera que tratamos de alimentar, llega el vapor producido en una calderita independiente de aquella y que forma parte de esta bomba de vapor constituyendo una verdadera y pequeña máquina que mueve á una bomba aspirante-impelente, tendremos el caballito de vapor.

Estas bombas son generalmente de doble efecto, es decir, que verifican la aspiración al mismo tiempo que la impulsión, proporcionando, como es consiguiente, doble cantidad de agua en cada pistonada, de la que daría una bomba de iguales dimensiones, pero de simple efecto. La disposición de estas bombas de doble efecto es análoga á las de simple efecto, puesto que constan de tubo aspirante y tubo impelente, diferencián-

dose tan sólo en que poseen cuatro válvulas, dos de aspiración y dos de impulsión, Fig. 174, *A* es el pistón del cilindro de vapor, *B* el cuerpo de bomba con las cuatro válvulas, *a b c d a* y *c* válvulas de aspiración, *b* y *d* válvulas de impulsión; cuando el pistón marcha en sentido de la flecha se abren las válvulas *a* y *b*, y cuando marcha en sentido contrario se cierran estas y se abren las otras dos *c* y *d*; el agua impulsada marcha directamente por la columna ó serie de tubos *e* hasta su destino, ó se acumula antes en una capacidad *f* con objeto de dejar allí el aire que arrastra mecánicamente al ser absorbida.

La alimentación de las calderas puede verificarse también sin el auxilio de bombas, utilizando la fuerza de impulsión que adquiere el agua al precipitarse para ocupar un lugar en el que por un medio rápido se ha verificado el vacío. Estos aparatos se denominan inyectoros y toman los nombres de sus inventores.

El más antiguo de todos es el de Giffard, cuya descripción es la siguiente: Fig. 175, por un tubo *A* llega el vapor de la caldera que se va á alimentar, después de abierta la llave *Z*, á una capacidad *B*, dividida en dos compartimientos por medio de una comunicación cónica de muy pequeño diámetro, cuya comunicación se abre ó se cierra más ó menos, á voluntad, por medio de un tapón cónico *c*, movido por un tornillo con su manubrio. El vapor, marchando con la enorme velocidad correspondiente á su presión, pasa por esta comunicación, llena la capacidad *B* y escapa parte por *F* y parte por el tubo de salida á la atmósfera *D*: al hacerlo así produce una fuerte absorción ó vacío en el tubo *E*, que está en comunicación con la cámara *B*, haciendo que el agua ascienda por él y sea lanzada fuertemente por el tubo *F*, en mezcla con el vapor condensado en parte, que la lleva á la caldera después de abrir la válvula *H* de alimentación.

La cantidad de agua de alimentación se regula por medio

de la *lanza* ó tapón cónico *c*, pues según sea mayor ó menor la abertura que deje para el paso del vapor, así será mayor ó menor la fuerza ocasional de la entrada del agua en la caldera, y por tanto, mayor ó menor esta cantidad: para aproximar más ó menos los dos orificios cónicos de salida del vapor y entrada del agua en *B*, hay un tornillo *G* que se mueve por el maquinista, según le aconseja la práctica. La tapa de la caja de la válvula *H* está sujeta por medio de un tornillo, y en caso de necesidad se levanta con suma facilidad.

Dos registros *L L*, ó sean dos orificios con dos cristales gruesos colocados en la capacidad *B*, permiten la entrada de la luz al interior del aparato, y el maquinista puede observar por ellos si éste funciona bien ó mal: además, el ruido especial que produce la buena marcha del aparato, es también otro medio de conocer ésta.

Estos aparatos marchan mejor con agua de alimentación fría que caliente, y cuando están mucho tiempo en acción continua se calientan ellos mismos tanto que ya no funcionan bien, habiendo necesidad de dejarlos enfriar y aún de alimentar con agua fría. De todos modos, nunca debe exceder la temperatura del agua de alimentación de 45°.

Este aparato debe colocarse al nivel del agua en la caldera, ó muy poco por bajo de él, porque si se colocara muy bajo, entonces no proporcionaría la cantidad de agua debida porque tiene que vencer con la fuerza del vapor la contrapresión que esta diferencia de nivel ocasiona. La altura del aparato sobre el nivel del agua de alimentación, tampoco debe ser de más de 3 á 4 metros, porque entonces tampoco produce el efecto debido.

El inyector llamado *universal*, de Koerting, está formado de dos inyectores sencillos relacionados de modo que la cámara de presión de uno comunica con la cámara de condensación del otro. El vapor que llega por el tubo *A* pasa al inyector *C*

por medio de la llave *B*, que le facilita más ó menos paso, y que verifica la absorción del agua exterior por el tubo *E*: el agua lanzada por el inyector *C*, pasa con cierta presión al inyector *D*, que la impele á la caldera por el tubo *F*, después de haber abierto la llave de alimentación *H*.

Antes de ponerlo en marcha se da salida al agua del aparato por el tubo *G*, que está provisto de una llave de paso *K*, enlazada por medio de una palanca con la llave *B*, á fin de que con una sola mangueta sean manejadas las dos por el maquinista. Para empezar á marchar se mueve lentamente la palanca hasta que se produzca la absorción: al poco tiempo comienza á salir agua por *G*, y entonces se sigue moviendo la palanca en el mismo sentido hasta cerrar del todo la llave *K*: para suspender la alimentación se hace girar rápidamente la palanca en sentido contrario, con lo que se cierra *B* y se abre *K*.

Con este inyector se alimenta con agua á 70° y con 8 metros de aspiración.

La alimentación de una caldera puede también conseguirse automáticamente y de una manera continua, á medida que se va vaporizando la que existe en la caldera, si se emplea el *alimentador de Cohufeld*. Este consta, Fig. 177, de un recipiente dividido por una sustancia mala conductriz del calor en dos compartimientos *a* y *b*, que se comunican por medio de los tubos encorvados *c* y *d*: al compartimiento *a* llegan además dos tubos, uno *A* que viene desde el nivel del agua en la caldera y que tiene una llave para hacer funcionar ó no al aparato, y otro *B* que sumergiéndose bastante en el agua de la caldera, lleva una válvula de retención en *e*; al compartimiento *b* llega un tubo aspirador *C* del agua de la cisterna, con su correspondiente válvula de retención también.

Es claro que una vez lleno el aparato de agua, si el tubo *A* queda al descubierto caerá el agua contenida en él y el vapor pasará á la parte superior del compartimiento *a*. En la válvula

de retención e obra por un lado la presión del vapor y por otro esta presión más el peso del agua contenida en a ; se abrirá, por tanto, y pasará ésta á la caldera. Pero inmediatamente los tubos c y d bajan el agua de b , y cuando el extremo inferior del d quede al descubierto, el vapor pasará por él al compartimiento b , y habrá condensación simultánea en a y b del vapor, dando lugar á que se verifique la aspiración por el tubo C hasta llenar por completo á b , y por tanto, también á a .

Este aparato puede elevar el agua hasta 5 metros si su temperatura no excede de 50°.

LECCION XLVI.

Agujero de hombre.—Recalentador.—Condiciones generales que debe reunir toda caldera, en vista de lo ya expuesto sobre ellas.

Tanto para limpiar las calderas interiormente de los sedimentos é incrustaciones que en sus paredes depositan las aguas, cuanto para examinar su estado y condiciones de resistencia de sus planchas, así como para verificar las reparaciones necesarias, es indispensable que estén provistas de un medio que permita al hombre penetrar en su interior y que no sirva de obstáculo ó inconveniente cuando la caldera esté funcionando.

Lo más general es que cada caldera tenga en su parte superior un registro ó agujero de dimensiones suficientes para dar paso al cuerpo de un hombre, que se cierra cuando la caldera funciona, por medio de una tapa que se sujeta con tornillos, ó por una puerta autóclava. Esta última clase de puertas consiste, Fig. 178, en una plancha *a* que se coloca por dentro de la caldera, oprimiendo las paredes de ésta por intermedio de una *frisa* de cáñamo *b*, empapada en mastic de minio y de uno ó más estribos *c* y pernos *d*.

Es evidente que esta clase de puertas cierran tanto más herméticamente cuanto más potentes sean las presiones interiores.

Por último, entre los aparatos que existen en la caldera hay en algunas uno destinado á recalentar el vapor que ya se ha producido en aquélla y que se quiere limpiar de las partículas de agua que en estado *vesicular* acompaña al vapor, antes de ser admitido en el receptor. Estos aparatos, llamados *recalentadores*, están reducidos á unas capacidades en las cuales el vapor recorre trayectos más ó menos largos, y cuyas paredes están calentadas por los gases de la combustión que las bañan exteriormente por completo antes de pasar á la chimenea.

Como estos recalentadores tienen sus paredes expuestas en desnudo al fuego, se queman pronto, y es preciso disponerlos de modo que se puedan incomunicar fácilmente con la cámara de vapor de la caldera y que la toma del vapor pueda hacerse indistintamente del recalentador ó de la caldera, con el fin de no verse obligado á suspender la marcha de la máquina cuando se manifieste un escape en el recalentador.

Por todo lo expuesto en la descripción de cada uno de los sistemas de calderas y en las de sus guarniciones ó aparatos accesorios, debemos deducir que las principales condiciones á que debe satisfacer toda caldera son: primera, seguridad; segunda, duración; tercera, eficacia en su servicio, y cuarta, economía de combustible.

Es evidente que no pudiendo ofrecer ninguna caldera seguridad absoluta, nos hemos de contentar con aquel máximo de seguridad que hoy podemos lograr en el adelanto actual de la Mecánica industrial.

En general, no cabe duda que cuanto mayor sea la tensión del vapor, mayor es el peligro de que la caldera estalle ó reviente, en un sistema dado cualquiera que éste sea: que entre

las de diferente sistema son más seguras aquellas que hemos denominado inexplosibles y que todas las que estén provistas de aparatos de alarma, de botón fusible, de válvulas de seguridad, ofrecerán más garantías que las que no posean estos requisitos: así como, y esto sobre todo lo dicho, ofrecerá toda la seguridad apetecible aquella caldera que esté cuidada por un maquinista ó fogonero asíduo é inteligente.

La duración en todas y en cada una de las partes de que se compone una caldera, es no sólo condición muy importante por sí, sino también por ser uno de los factores que más contribuyen á la seguridad de una caldera. En efecto; si no es duradera, por ejemplo, una plancha de las que constituyen la caja de fuego ó de superficie directa de caldeo, bien porque sea de mala calidad, bien porque no esté conservada con el cuidado y esmero necesario, es evidente que se calcula la seguridad de la caldera partiendo del dato falso de la resistencia que ofreció el día de la prueba, por ejemplo, sin tener en cuenta que aquella seguridad probada desapareció al poco tiempo de estar en marcha la caldera.

Bajo el punto de vista de la duración, es claro también que las sujetas á mayores presiones serán las que más pronto sufrirán deterioros, cuyas reparaciones son mucho más difíciles y menos seguras que las de aquellas calderas cuya presión es más baja y que obliga á desecharlas más pronto ó á utilizarlas como de menor presión.

La duración en cualquiera de los elementos que constituyen una caldera depende más que de nada del cuidado é inteligencia de la persona que de ella se encargue; pues no puede ofrecer duda que si por un descuido ó falta de inteligencia deja de limpiar debidamente todos sus órganos, cuida mal el fuego, etc., etc., deteriorará y aun inutilizará piezas que podrían haber durado muchísimo más tiempo estando mejor cuidadas.

Una caldera será eficaz en su servicio si á las dos condiciones anteriores de duración y seguridad reúne la de una buena distribución en las capacidades de sus cámaras de agua y de vapor, con el objeto de que ni haya necesidad de alimentar muy frecuentemente ni la producción de vapor sea pequeña para el consumo que ha de haber, así como de que sean fáciles de ejecutar las reparaciones ordinarias y las operaciones de conservación, á fin de que sea reducido el tiempo que deba permanecer inactiva.

Por último, debe ser económica en el consumo de combustible, porque éste es el principal y más importante gasto que ocasiona una máquina de vapor. Bajo este punto de vista, son más convenientes las calderas de grandes dimensiones que las pequeñas, porque disponiendo aquellas de mayor superficie de caldeo, se aprovecha más la temperatura de la llama y gases: son más económicas las de hogar interior que las de hogar exterior; mejores que aquellas, las tubulares de tubos de gran sección, y mejores todavía que éstas las multitubulares.

Serán más económicas en combustible las que desarrollen mayores presiones, porque resulta que el costo de la producción de vapor á alta tensión es más barato que el de producción del vapor á baja presión; es decir, que el gasto de calor necesario para hacer pasar el vapor de una tensión á otra más elevada, crece más lentamente que estas diferencias de tensión, como puede verse en la tabla de temperaturas correspondientes á las distintas presiones del vapor que nos da á 1 *at.* = 100°; 2 *at.* = 120°; 3 *at.* = 134°; 4 *at.* = 144°; 5 *at.* = 152°; 6 *at.* = 159°; 7 *at.* = 165°; ó por la siguiente tabla, que nos dice el calor gastado y el trabajo producido en cada presión por kilogramo de agua.

<u>Tensión.</u>	<u>Calorías gastadas.</u>	<u>Trabajo producido por caloría.</u>
2	639	28,8 kg.
3	643	29,6
4	646	30,2
5	648	30,7
6	650	31,1

La relación del calor gastado para elevar el vapor de 2 á 6 atmósferas es 1,017, y la relación del aumento de trabajo obtenido es 1,080 mayor que aquél.

No es necesario decir, para concluir, que el mayor ó menor gasto de carbón que una caldera dada puede ocasionar, depende casi exclusivamente del buen régimen que el fogoneero siga en la alimentación del hogar, no sólo en cuanto á las cantidades de carbón que cada vez introduzca en el hogar, sino también en la mayor ó menor frecuencia con que haga estas cargas, en el modo de distribuir el carbón fresco sobre el que se quema, y en el buen uso que haga del registro del tiro de la chimenea.

LECCION XLVII.

**Combustibles.—Turba.—Lignito.—Hulla.—Antracita.
—Cok.—Leña.**

Los carbones ó combustibles minerales no son más que sustancias vegetales, cuya composición química se ha alterado por consecuencia de haber quedado sepultadas en la corteza terrestre. Según sea más ó menos moderna la época de este sepultamiento, se dividen en cuatro clases, cuyos nombres son por orden de menor á mayor antigüedad, turba, lignito, hulla y antracita. Todos ellos se componen de carbono é hidrógeno, elementos combustibles, de oxígeno, elemento comburente, de nitrógeno y materias térreas ó cenizas, elementos inertes ó perjudiciales. Su densidad, siempre pequeña, va aumentando desde la turba á la antracita; su composición química varía también aumentando el carbono en el mismo sentido que su antigüedad.

1.^a Turba es una acumulación de plantas que han crecido en sitios pantanosos, que han perdido su organización viniendo á formar una masa terrosa ó fibrosa. La turba es un combustible mineral en vías de formación, cuyos caracteres y propiedades son distintos, según sea la profundidad del lecho en que se haya cortado dentro de una misma capa: así es que en

la parte superior de una capa suele ser la turba ligera, esponjosa y de carácter vegetal indubitable hasta el punto de poderse clasificar todos sus componentes, al paso que en la parte inferior se presenta la turba en masa negra, compacta y con carácter vegetal poco marcado. Puede emplearse en su estado natural con sólo dejarla secar, ó comprimiéndola fuertemente para reducir su volúmen ó bien al estado de carbón: es tan combustible como la leña, arde lentamente sin aglutinarse, da poca llama y mucho humo y produce un olor muy fuerte y picante. Su poder calorífico es como el de la leña, de 1500 á 3000 calorías, y si se quiere carbonizar como ésta se conservan los $\frac{5}{8}$ de este poder: este carbón es blando, desmenuzable, arde con lentitud por completo sin humo y con poca llama.

La gran cantidad de cenizas y de humo que produce este combustible y su poco poder calorífico, le hacen poco á propósito para producir vapor; pero puede ser empleado con provecho en otros usos industriales como son la alfarería y la metalurgia.

2.^a El lignito es un combustible cuyos caracteres exteriores ofrece tan marcadas diferencias, que al paso que unos se parecen á la turba en masa negra, pero conservando claramente su tejido vegetal, otros se presentan con un negro tan brillante y con una comparidad análoga á la de la hulla y aún más superior que en ésta, como sucede en el azabache, que no es más que un lignito compacto, duro, brillante y susceptible de pulimento.

Los lignitos terrosos son los que se parecen á la turba, son pardos, más ó menos oscuros, mates y aún de estructura pizarrosa: tienen muchas cenizas y pirita de hierro. Los lignitos comunes son compactos, de estructura hojosa; por el frote exhalan olor desagradable y expuestos á la acción del fuego no se funden, por lo general, ni se aglutinan sus pedazos: arden con llama prolongada de poco calor y de bastante humo, al



acabarse la llama se cubren de ceniza, pero continúan ardiendo hasta consumirse: su poder calorífico es elevado, pues varía entre 4500 y 6000 calorías, y le hace á propósito para todos aquellos usos en que se necesite un fuego de llama de fuerza media; en las máquinas de vapor dan buenos resultados si se disponen los hogares y el tiro convenientemente.

3.^a La hulla, combustible mineral, el más antiguo de todos, á excepción de la antracita, que en ocasiones es más antigua que ella, se presenta siempre con un color negro muy intenso y muy brillante: de estructura pizarrosa, fragil y se reduce á polvo con mucha facilidad. Su poder calorífico está comprendido entre 5000 y 9000 calorías, según sea su calidad: cuando se someten á la acción del fuego, unas hullas se funden y sus trozos se aglomeran, aumentando de volumen; á otras hullas no sucede esto sino que por el contrario se hienden, se rompen y arden difícilmente; á las primeras se denominan hullas *crasas*, y á las segundas *hullas secas*.

Las hullas crasas pueden ser de *llama larga*, de *llama mediana* y de *llama corta*: las primeras arden con un fuego muy vivo de mucha llama y humo, pero muy poco duradero; las segundas arden también con fuego vivo, pero de menos llama y humo, y sus trozos se reblandecen y se aglomeran; las terceras se quemán con dificultad, produciendo una llama corta, azulada y clara, se consumen lentamente y sus fragmentos se funden y se aglomeran poco: estas últimas tienen más poder calorífico que las anteriores y son más á propósito para los hogares de las calderas, porque las primeras y segundas sostienen poco la intensidad del fuego y destruyen rápidamente las rejillas.

Las hullas secas se dividen también en *de llama larga* y *de llama corta*. Las primeras arden con mucha llama y mucho humo, pero ni se funden ni se aglomeran sus trozos; las segundas arden con muy poca llama, casi sin humo, que dura muy

poco tiempo, decrepitan y se rompen en pedazos pequeños al arder, pero sostienen bien el fuego.

Cuando una hulla se calienta sobre la rejilla de un hogar, empieza por destilarse desprendiendo los gases que al arder forman llama; si ésta es rojiza al principio y después se va blanqueando á medida que aumenta el calor, es señal de que la combustión es completa, y que por tanto, todos los gases se queman bien, desarrollando el combustible todo su poder calorífico: cuando, por el contrario, la llama es rojiza oscura, consiste en que entre los gases que arden hay mucho carbón muy dividido que no se quema y que se deposita con otras sustancias formadas durante la combustión, en los canales de humos y en la chimenea, constituyendo lo que se denomina *hollín*. Terminada la llama, queda ardiendo el carbón, si hay temperatura bastante en el hogar para sostener la combustión; si no se apaga en cuanto se recubre de cenizas: el carbón obtenido es el *cok*. Este tiene brillo acerado y es más ó menos poroso y más ó menos duro, según la hulla de que proceda: su potencia calorífica varía de 4,500 á 6,500 calorías.

4.^a La antracita es una hulla de color negro ó gris parduzco muy brillante, de lustre semi-metálico, muy compacta, y que arde con dificultad, decrepitando y saltando en trozos y produciendo una llama corta, rojiza y sin humo: es un combustible que necesita una corriente rápida é intensa de aire para que se pueda quemar por completo; razón por la que no suele emplearse sola, sino mezclada con la hulla: su poder calorífico es de 9,000 calorías, y el *cok* que produce es muy pulverulento y de escaso valor.

5.^a Además de los combustibles minerales que acabamos de estudiar, y que son los que se emplean en estado natural, se usan otros, á que se da el nombre de *aglomerados*: estos están formados por hullas ordinariamente crasas, reducidas á trozos menudos ó polvo, aglutinados ó cementados con brea; su

empleo proporciona una gran ventaja á la industria carbonera, porque permite aprovechar todos los menudos y polvo que antes no tenían aplicación. Su poder calorífico es, por lo menos, igual á el de la hulla que los forma, y su uso es conveniente, porque se rompen menos que los trozos de hulla en las operaciones de carga, descarga, almacenaje, etc.: en cambio producen mucho más humo y más denso que los combustibles naturales.

6.^a Otro de los combustibles que también se utilizan al estado natural para producir vapor, es la *leña*.

La composición de la leña no es la misma en el tronco que en las ramas, ni en el interior de éste, albura, que en la corteza: la corteza y las hojas tienen mayor cantidad de cenizas.

La leña empleada en los generadores de vapor ha de ser leña gruesa y estar cortada en trozos apropiados á las dimensiones del hogar en que se ha de emplear: cortada en la época debida contiene hasta 45 % de agua, y dos años después todavía conserva el 20 %, y entonces tiene de 3,000 á 4,000 calorías. Su carbón varía en sus cualidades, en razón de la clase de leña de que proceda: en general es negro brillante, duro y sonoro: su potencia calorífica es de 5,000 á 7.000 calorías.

La gran superficie que necesitan los hogares en que se quema leña, y la frecuencia con que hay que alimentarlos, son causas que no recomiendan mucho el empleo de este combustible, sólo digno de ser usado cuando su precio sea de muy poca monta, con relación al del lignito, hulla ó antracita.

LECCION XLVIII.

Cilindro de vapor.—Cuerpo.—Espejo.—Grifos de purga.—Ferro de vapor.—Pistón.—Vástago.—Prensa-estopas.

El vapor producido en una caldera ejerce la acción debida á su fuerza elástica en el *cilindro*, ó sea en una de las piezas de la máquina, que es un cilindro hueco, recto, circular, cuyas bases las forman dos tapas que se fijan con pernos á los rebordes de aquel, ó por lo ménos una de ellas, formando la otra cuerpo ó sea una sola pieza con aquél. Este cilindro es de hierro colado, perfectamente torneado y alisado en su interior, y fortalecido con anillos ó nervios anulares, así como sus tapas con nervios radiales.

En uno de sus lados ó generatrices, hay una pared plana, llamada *espejo*, que posee los orificios que dan entrada y salida al vapor y que se denominan *luces*: la sección de éstas es rectangular, y están situadas en los extremos del cilindro, á fin de que el vapor pueda penetrar en él cuando el pistón que dentro de aquél se mueve ocupe las posiciones extremas: el número y magnitud de estas luces, es variable, según tendremos ocasión de ver al ocuparnos de la distribución.

Existen, además, en el cilindro dos *grifos de purga* que tienen por objeto dar salida al exterior al agua producida

por la condensación del vapor, sobre todo cuando se empieza á marchar y el cilindro está frío y al agua que viene arrastrada mecánicamente por el vapor: estos grifos se manejan á mano, ó son automáticos, abriendo y cerrando dos orificios colocados en cada extremo del cilindro.

En las máquinas de gran potencia se dispone en las tapas del cilindro una válvula de seguridad que tiene por objeto dar escape al vapor en exceso y al agua que en estos puntos se acumula y que al no tener fácil y pronta salida automática, podrían ocasionar graves consecuencias.

Estas válvulas de seguridad son ordinariamente de resorte, se abren de dentro hácia fuera y se disponen de modo que las proyecciones de vapor y agua que ocasionan, no lastimen al maquinista. A pesar de ser automáticas han de ser manejadas de cuando en cuando por el maquinista, á fin de asegurarse siempre de su buena disposición.

La pérdida de calor que sufre el vapor por radiación del cilindro en que obra, disminuye su fuerza elástica y da lugar á condensaciones, siendo, por tanto, muy conveniente atender á remediar esta pérdida sufrida por la potencia. Para conseguirlo, se rodea al cilindro de una sustancia mala conductriz del calor, como corbón en polvo, serrín, fieltro, etc., y se forra á aquél con duelas de madera sujetas con aros de metal; las tapas se dejan sin forrar. El resultado conseguido no es más que parcial, y por tanto, cuando se desea aumentarlo más, se acude á rodear la pared exterior del cilindro con el mismo vapor: esto exige que se rodee á aquel cilindro con otro concéntrico de mayor diámetro, que deja un hueco ó espacio anular con aquél, y que comprende no sólo al cilindro, si que también á las dos tapas. Por este hueco circula el vapor que llega directamente de la caldera: un forro ordinario de fieltro, carbón ó serrín, completa la camisa ó forro de este cilindro. Esta

camisa ó forro de vapor tiene sus grifos de purga semejantes á los del cilindro.

Por último, uno ó más *engrasadores* ó lubricadores se encargan de disminuir el rozamiento del pistón sobre el cilindro, reduciendo las resistencias pasivas que éste ocasiona y aumentando su duración por evitar los desgastes consiguientes á aquél rozamiento.

El *pistón* ó *émbolo* que se mueve en sentido rectilíneo alternativo dentro del cilindro, tiene por objeto recibir directamente el trabajo que la fuerza elástica del vapor introducido en el cilindro ejerce sobre él, para comunicarla á su vez á las demás piezas ú órganos de la máquina: ha de establecer perfecta incomunicación entre las dos partes ó cuerpos en que divide al cilindro, y ha de ser suficientemente sólido para resistir á la presión que ha de soportar.

Esto último se consigue haciéndolos de hierro fundido ó dulce y dándoles el espesor conveniente, que suele ser de $\frac{1}{6}$ á $\frac{1}{4}$ de su diámetro: para hierro $e = 0,0609 d \sqrt{p}$, para fundición, $e = 0,0995 d \sqrt{p}$, siendo d el diámetro y p la máxima diferencia de presión que ha de existir en las dos caras.

La incomunicación entre las dos partes del cilindro se consigue por medio de su *guarnición* ó *empaquetado*. Este se hacía antes con trenzas de cáñamo ó estopa que se arrollaban en una muesca ó caja que el pistón presentaba en su superficie lateral; pero las reparaciones frequentísimas que exigía por virtud de su pronto deterioro, ha hecho que se desechen estos empaquetados y se empleen hoy los empaquetados metálicos, de los que daremos á conocer dos ejemplos

Uno de ellos consiste en un émbolo formado por dos discos circulares de fundición que comprenden á otros dos discos anulares formados de piezas ó sectores, Fig. 179, varios resortes, bien de espiral, bien de láminas de acero encorvadas, su-

jetas por su centro á el núcleo, ejercen su acción sobre los sectores, empujándolos hácia fuera para que se ajusten perfectamente al cilindro: estos sectores son de fundición, de acero ó de bronce.

Otro consiste en disponer varias gargantas ó muescas circulares en la superficie lateral del pistón, alojando en ellas muelles ó láminas de acero ó fundición, arrolladas en círculo, cuyas uniones no se correspondan en una misma generatriz del pistón ó cilindro, Fig. 180.

Cuando las máquinas son de gran potencia y los pistones son, por consiguiente, de grandes dimensiones, la empaquetadura se reduce á una sola lámina de hierro forjado, fundición ó acero, que se arrolla en círculo, dejando que sus extremos se toquen, pero en libertad para que con su tendencia á desarrollarse, auxiliada por la acción de los resortes, se establezca contacto continuo con la pared interior del cilindro. Su colocación en el émbolo se hace del modo siguiente, Fig. 181: el muelle ó guarnición ó empaquetado *a* se ajusta á la cara lateral del pistón en una garganta á propósito, quedando sujeto por el anillo *b* unido al cuerpo del pistón por pernos que atornillan en tuercas de bronce *f*; se impide que se aflojen estos pernos *d*, bien por medio de unos tornillos auxiliares llamados *prisioneros e*, porque su cabeza se aloja en una muesca natural de aquél, ó bien por medio del anillo *c*.

Los muelles que empujan á la guarnición *a* son unas laminas ó planchuelas encorvadas de acero *m n o* atornilladas por uno de sus extremos *m* y sujetas por el otro *o* de modo que puedan moverse, merced á unas muescas que pueden correr con desahogo sobre los tornillos *o*, permitiendo aumentar ó disminuir la curvatura de la laminita *m n o*.

Para evitar que pueda pasar el vapor por la línea de unión de los dos extremos del empaquetado *a* cuando éste aumenta su diámetro, se emplea un tapa-juntas que no es más que una

planchita $p q$ atornillada en p á la cara interior del muelle a y sujeta en q al otro extremo de a del mismo modo que acabamos de decir, para que éste pueda resbalar á lo largo de $p q$; una cuña saliente r ajusta entre ambos extremos de a é impide con la $p q$ la entrada del vapor por la unión de los dos extremos de a .

Los pistones no son macizos sino huecos en su interior, y por esto, cuando son de una pieza llevan unos pequeños agujeros tapados con tornillos, por los que se saca la arena que sirvió para su fundición.

El vástago del pistón es una barra cilíndrica de hierro forjado ó de acero, que se une al pistón por uno de sus extremos y que atravesando por el otro una de las tapas del cilindro se enlaza á la biela para transmitir el trabajo recibido.

La unión del émbolo y de su vástago se puede hacer de muchísimas maneras, bien por medio de una tuerca que se atornilla al extremo del vástago, que atraviesa el émbolo, en cuyo caso la tapa del cilindro ha de presentar un hueco para alojarlo, Fig. 182, bien por medio de una caja cónica que aloja un tronco de cono en que termina el vástago y una tuerca que lo afirma invariablemente, Fig. 183, bien por medio de un collarín empotrado en una de las caras del pistón y por una tuerca también empotrada en la otra cara que atornilla al vástago, Fig. 184, bien por un filete y una chaveta, Fig. 185, bien remachando el vástago sobre el agujero de paso, Fig. 186.

Al atravesar el vástago una de las tapas del cilindro, lo ha de hacer de modo que no ocasione escape del vapor que hay dentro de él, lo cual no podría conseguirse al no emplear medios auxiliares: estos son los llamados *prensa-estopas*, que se componen de tres partes: *la caja, los casquillos y el prensa*. La caja forma parte de la pieza taladrada y tiene un diámetro mayor que el órgano que la atraviesa, presentando en su parte

inferior un reborde: en éste descansa el casquillo *a*, Fig. 187, que ajusta al vástago y cuyo objeto no es otro que el evitar que aquél roce sobre la tapa produciendo el desgaste de aquella, haciéndola prontamente inservible, mientras que rozando con el casquillo se desgasta ésta y se repone con facilidad: sobre este casquillo se coloca la empaquetadura *b* que consiste en varias tiras de cajeta de cáñamo impregnadas en aceite, de amianto, de empaquetadura de patente, etc., de la longitud necesaria para que se arrollen al rededor del vástago, tocándose sus extremos y superponiéndose unas á otras hasta llenar el hueco de la caja, teniendo cuidado de que no se correspondan dos uniones consecutivas: y por último, sobre este empaquetado entra el prensa *c* que se sujeta con tornillos á la caja y que comprimiéndole origina un contacto tan íntimo como es necesario con el vástago.

También se usan los empaquetados metálicos, que consisten en dos anillos metálicos *a* y *b*, Fig. 188, formados cada uno de dos piezas que formen un círculo y de una cuña circular anular de una sola pieza *c* que obligada por el prensa *d* á apretar los discos *a* y *b* sobre el vástago, establece la comunicación absoluta. Estos anillos son de una aleación compuesta de estaño y plomo en partes iguales.

Los empaquetados mixtos ó sean los formados por anillos metálicos, alternados con otros de cáñamo, lona, etc., también se usan frecuentemente con buen resultado.

Muchos prensa-estopas carecen de casquillos; pero no pueden dejar de tener la caja, el empaquetado y el prensa, porque son sus componentes imprescindibles.

LECCION XLIX

De la distribución.—Corredera ó distribuidor de concha.—Dibujo para conocer su regulación.—Corredera equilibrada de concha.

Hemos dicho que en el espejo del cilindro hay unas aberturas ó luces que tienen por objeto dar paso al vapor á uno y otro lado del pistón, así como dar salida al exterior al vapor que ya ha obrado sobre él. El aparato que se encarga de ejercer estas funciones, es lo que se llama *distribuidor*: aunque muy diferente en las infinitas formas que puede aceptar, se debe considerar reducida á tres tipos: distribuidor por resbalamiento, distribuidor por válvulas de movimiento vertical y distribuidor por válvulas de movimiento giratorio.

Para darnos idea del primer tipo, supongamos, Fig. 189, que *a b c d* sea el cilindro y *e g f* el espejo en el que están abiertas las tres luces *e g* y *f*: sea *h* el distribuidor ó *corredera* (llamada de *concha* por su forma) que está constituida por una caja ó capacidad semi-cilíndrica adicionada á unas barretas ó rebordes *u u*, á un vástago *i* que la pone en movimiento

rectilíneo alternativo, resbalando sobre el espejo y á una varilla ó guía *nv*; el vástago *i* va guiado en su movimiento por un anillo ó coginete fijo en el reborde del cilindro, Fig. 190: ésta corredera está encerrada en una caja prismática de mucho mayor volúmen que ella, que recibe el vapor de la caldera por medio del tubo *l*, provisto de su llave de cuello ó *admisión*.

Es evidente que si disponemos las barretas ó rebordes de la concha de modo que las dos luces extremas se cubran ó descubran á la vez, pero de modo que una de ellas esté siempre y alternativamente en comunicación con el vapor de la caldera, cuando la otra lo esté con la luz de evacuación, conseguiremos el movimiento alternativo del pistón.

De este modo, en la marcha del movimiento alternativo de la corredera se conseguirá en cada dos posiciones sucesivas lo siguiente, según representa la Fig. 189 *a*: el pistón va á comenzar su marcha en el sentido de la flecha *b c*; para eso es preciso que la corredera se mueva del mismo modo, empezando á descubrir la luz *e*, por la que ha de entrar el vapor que hay en la caja, para ejercer contra la cara posterior del pistón su fuerza elástica y obligarle á describir su *carrera*; pero al mismo tiempo se ha de descubrir también la otra luz extrema *f*, á fin de que el vapor que existe en la parte anterior del pistón, y que ya ha obrado, pueda salir sin ofrecer la resistencia que su compresión ocasionaría si así no sucediese: continuando el movimiento, las luces *e* y *f* se abren más y más, el vapor entra en mayor cantidad por *e* y sale con mayor facilidad por *f* para marchar por *g* al exterior, hasta que el pistón llega al punto medio de su corrida, Fig. 189 *b*, en cuyo caso las dos luces están completamente descubiertas: en este momento la corredera empieza su marcha en sentido contrario, comienza á cerrar las dos luces *e* y *f*, hasta que al terminar su carrera el pistón, Fig. 189 *c*, quedan cerradas por completo, y el vapor de la caldera deja de entrar en el cilindro, el que quedaría en

reposo sino fuese por la velocidad adquirida por el volante y demás masas de la máquina; es decir, el pistón está en un *punto muerto*.

Continúa su movimiento en el mismo sentido la corredera, y se comienzan á abrir las luces *e* y *f* en sentido contrario al anterior; la *f* para dar entrada al vapor de la caja, la *e* para dar salida al vapor del cilindro, y siguen abriéndose más y más hasta que el pistón llega a la mitad de su carrera, en cuyo punto las luces están abiertas del todo y se vuelve á repetir lo ya dicho.

Este distribuidor, en que el ancho de los rebordes es igual al ancho de las luces, y la distancia interior de ellos es también igual á la distancia de los bordes internos de las luces, se llama distribuidor *normal*.

Vemos, pues, que el movimiento de la corredera es en el mismo sentido que el pistón durante la mitad de la corrida de éste, y en sentido contrario durante la otra mitad, y esto exige, que si el movimiento se comunica á la corredera por medio de un excéntrico montado sobre el eje, que es movido por el vástago del pistón con el intermedio de una biela y manivela, forme el brazo de aquél un ángulo de 90° en el de ésta.

Pero la distribución conseguida de la manera que acabamos de decir es defectuosa: primero, porque la luz de entrada no se descubre hasta el momento mismo en que el pistón termina su carrera, y esto lo hace en muy pequeña cantidad, cuando, por el contrario, es muy conveniente que el vapor entre en el cilindro un poco antes que el pistón termine su carrera, á fin de que no produzca choque contra la tapa, y que sea notable la cantidad de vapor que actúe en un principio, á fin de que se venza el punto muerto con facilidad: segundo, la luz de salida se abre del mismo modo en muy corta área en los primeros momentos de marcha del pistón, y esto ocasiona una contrapresión, debida á la dificultad que experimenta el vapor

en salir por tan estrecha abertura; al paso que sería más conveniente abrir esta luz un poco antes de que el pistón termine su corrida, para adelantar el momento de la evacuación.

Estas dos circunstancias, que se llaman dar *avance á la admisión y á el escape ó descarga*, se consiguen haciendo que la marcha ó movimiento de la corredera vaya un poco más adelantada que la del pistón: y esto se logra por medio de la excéntrica que mueve á aquella, la cual se monta sobre el eje formando un ángulo, Fig. 191, con la manivela de 90° más el avance que se desee (ordinariamente de 20 á 35°): esto se denomina *ángulo de avance ó avance angular de la excéntrica*.

Pero todavía esto no es bastante, porque estos avances no deben ser iguales entre sí: el avance á el escape ha de ser mucho mayor que el avance á la admisión, y para conseguir esta desigualdad se da á la excéntrica todo el avance angular que exija el escape, y se alarga exteriormente, Fig. 191, el reborde ó barreta de la corredera tanto cuanto sea la diferencia que entre ellos ha de haber, esto se llama dar *recubrimiento exterior* á la corredera.

Este recubrimiento exterior da por resultado en la marcha de la corredera, descubrir tanto menos luz de admisión y cubrirla tanto más pronto cuanto mayor sea él, y por tanto privar la entrada del vapor durante algún tiempo, permitiendo al que ya ha entrado en el cilindro dilatarse ó sea obrar *por expansión*. Este mismo recubrimiento ocasiona del mismo modo la incomunicación del escape con la concha durante un cierto tiempo, que si lo queremos hacer más largo podemos conseguirlo por medio de un *recubrimiento interior*, esto es, por alargamiento del reborde por bajo de la concha. Fig. 191.

Estos recubrimientos se denominan *avance lineal á la introducción y á el escape*, y es por lo general éste doble de aquél.

Luego, dándole á un distribuidor de concha, el avance angular y los dos recubrimientos, habremos conseguido *dar poco*

avance á la admisión, mucho á el escape, expansión al vapor, y una pequeña contrapresión al final de la carrera del pistón.

Su corrida será igual á la suma del ancho de un reborde, más el de una luz, más el avance al escape, menos el avance á la introducción.

Como el pistón tiene movimiento rectilíneo alternativo, es preciso que para que éste se verifique en las mejores condiciones, sin producir pérdidas inútiles de trabajo, que cumpla con los requisitos necesarios á esta clase de movimiento, es decir, que su velocidad vaya creciendo desde el principio al medio de su corrida, y decreciendo en la segunda mitad de ésta para anularse al finalizar su movimiento. Esta condición se puede llenar perfectamente por medio de la corredera, y como su importancia es tan de primer orden, conviene que en cada instante pueda comprobar el maquinista su exacto cumplimiento por medio del conocimiento perfecto de las diversas posiciones que en cada momento ocupan el pistón y la corredera, para arreglar, en caso necesario, el movimiento de ésta. Este conocimiento se adquirirá por el dibujo geométrico siguiente, en el cual se parte del supuesto de que la corredera es puesta en movimiento, según hemos dicho, por una excéntrica montada sobre el eje que lleva la manivela y biela del pistón.

Sea $o a o$, Fig. 192, el diámetro de la manivela y $o' a o'$ el de la excéntrica, estando representadas estas dimensiones en una misma ó en distinta escala, pues en esto último no hay inconveniente, y se consigue en cambio mayor claridad en el dibujo.

Las circunferencias descritas sobre estos diámetros se dividen en tantas partes iguales como situaciones del pistón y corredera se quieran examinar; pero los puntos de partida o y o' de estas divisiones se toman de modo que los respectivos brazos de la manivela $o a$ y de la excéntrica $o' a$ formen el ángulo de avance de esta última, ó sea 90° más el avance angular;

las líneas $o a$, $1 a$, $2 a$, $3 a$, etc., y las $o' a$, $1' a$, $2' a$, etc., señalan las posiciones respectivas de la manivela y de la excéntrica en cada una de estas situaciones.

Las posiciones consiguientes del pistón se determinarán trazando con un radio igual á la biela los arcos de círculo 1 IX, 2 VIII y 3 VII, y los puntos en que cortan al diámetro $o a o$ serán las posiciones buscadas.

Para determinar las correspondientes posiciones de la corredera sobre el espejo, representemos en $M N$ á éste y en P y Q las dos luces: las posiciones respectivas del espejo en los diez puntos considerados, las representamos por las diez líneas paralelas equidistantes $o o$, 11, 22, 33 y 44...

Si ahora trasportamos el círculo de la excéntrica con sus divisiones al punto a y proyectamos estos puntos de división sobre las posiciones análogas ó correspondientes del espejo, determinaremos los puntos $b c d e f g h i k l m$, que marcarán las posiciones del centro de la corredera en cada una de esas situaciones, y si trasladamos estos puntos con las dimensiones de los rebordes ó barretas de la corredera á las luces del espejo, hallaremos la posición completa de esta corredera en cada una de estas situaciones.

De modo, que si sobre la línea $A B$, que representa la corrida del pistón, marcamos la situación de éste, determinada por la figura anterior, vemos que cuando el pistón está en o , es decir, al principio de su corrida, la corredera está en su avance, como lo marca la línea $M N$: cuando el pistón pasa á la posición 4, la corredera ha descubierto ya toda la luz, que sigue en este estado hasta después de ocupar el pistón la posición 5, en que comienza á cerrarse, hasta hacerlo por completo entre la posición 9 y 0. Al describir su carrera en sentido contrario, examinaremos las posiciones respectivas en la otra curva de la otra luz.

El movimiento de la corredera sobre el espejo ocasiona un

rozamiento por resbalamiento equivalente á una pérdida de trabajo motor que no debe despreciarse, y á un desgaste en las superficies que rozan, que debe disminuirse en lo posible, á fin de evitar frecuentes reparaciones. A estos fines conducen los distribuidores ó correderas de concha equilibrados y compensados, de que vamos á hacer la descripción.

Un espejo, Fig. 193, tiene cuatro luces $a b c d$, para admisión del vapor y una e para la evacuación: sobre él se mueve una corredera de concha de superficie plana por su parte exterior, y cruzada en su interior por dos galerías g , por las cuales circula el vapor de la caja de distribución: si los rebordes de la concha y de las galerías son iguales y ocupan iguales situaciones en cualquier instante del movimiento, es evidente que tanto se descubrirá la luz a cuanto se descubra la b , y tanto la c cuanto lo haga la d : luego, en cada momento tendremos dentro del cilindro de vapor doble cantidad de éste de la que proporcionaría una corredera ordinaria, y por tanto, con la mitad de corrida para esta corredera tendremos la misma cantidad de vapor introducido, y por tanto, habremos reducido á la mitad el trabajo del rozamiento. Además, al circular el vapor de la caldera ó caja de distribución por las galerías g , ejerce una presión normal al espejo que tiende á separar las superficies que rozan, y por consiguiente, á contrarestar ó equilibrar en parte la presión exterior que sobre la concha ejerce el vapor de la caja, y que es la fuerza que ocasiona el rozamiento.

La Fig. 194 indica una de las correderas empleadas en las locomotoras, con la que se consigue este objeto, al par que se logra una admisión pronta de vapor, toda vez que éste penetra, no sólo por el área de luz que descubre el borde exterior de la concha, si que también por el canal interior a de la corredera.

Si recordamos que este rozamiento es proporcional á la presión que el vapor ejerce sobre la superficie de la concha, es

evidente que disminuyendo esta superficie habremos disminuido las pérdidas sufridas; pero esta disminución no puede hacerse más que dentro de ciertos límites, si no se apela á medios indirectos, porque la necesidad de conservar el área necesaria á las luces y la precisión de colocar en el centro el orificio de escape, no permiten excederse mucho en la reducción de las dimensiones de una corredera; pero si empleamos el medio indirecto llamado *compensador*, habremos conseguido lo que deseamos.

Entre las muchas clases que hay citaremos el más sencillo, Fig. 193, que consiste en disponer en la tapa de la caja de distribución una caja anular en la que se colocan dos anillos de metal separados por otro de goma, constituyendo una empaquetadura, que se aplica más ó menos fuertemente sobre el dorso plano de la concha, por medio de tornillos. De este modo se disminuye la presión sobre la concha en la correspondiente al área del círculo formado por el empaquetado. Se conocerá que este empaquetado desempeña bien su papel, si una llave colocada en la tapa en un punto de la capacidad incomunicada no da vapor cuando se abra; en caso contrario, se aprietan los tornillos todo lo necesario.

LECCION L.

Empleo de válvulas equilibradas para la distribución.—Cambio de marcha por el distribuidor.—Expansión.—Sus ventajas.

Como la distribución del vapor no estriba más que en abrir ó cerrar en momentos oportunos las luces por las que entra y sale el vapor en el cuerpo del cilindro, es evidente que podemos utilizar á este efecto los servicios que prestan las válvulas. De la gran variedad que de ellas puede emplearse, tomaremos como ejemplo la llamada *válvula de Cornwall*, que es la que se emplea en las máquinas de desagüe de este nombre.

Esta válvula, Fig. 195, se compone de dos piezas principales, el *asiento* y la *campana*. El asiento se compone: primero, de un *anillo a a*, cuya superficie interior está perfectamente torneada, para que su ajuste sea perfecto con la campana, y segundo, de una *cúpula b*, maciza, fundida en una pieza con el anillo y consolidada por medio de cuatro nervios perpendiculares *c*, cuyo exterior está torneado para que sirva de guía á la campana.

Este asiento se coloca sobre la pared de la caja de distribución, en una muesca ó caja que tiene á propósito y se fija in-

variabilmente por medio del pasador d , que atraviesa el núcleo ó macizo de la cúpula, á la que se atornilla, quedando afirmada su cabeza contra una barra que se atraviesa en la luz.

La *campana*, que es circular, está abierta completamente por arriba y por abajo: en su parte superior lleva dos ó cuatro nervios ó brazos ff , á los que se atornilla la barra g , que ha de mover á la campana. Los bordes superior é inferior, que descansan en el anillo y en la cúpula, han de estar perfectamente torneados y alisados para formar junta completamente impermeable al vapor.

Para comprender cómo funciona esta válvula, supongamos que se encuentra en la posición que indica la figura, encerrada dentro de la caja de distribución, á donde llega el vapor de la caldera.

En este estado, es evidente que este ejercerá su presión sobre todo el contorno ó superficie lateral de la campana, y sobre la parte superior cóncava de la cúpula, sin que pueda penetrar, porque por una y otra parte la campana forma dos juntas con el asiento, que le impiden el paso. Si por medio del vástago g levantamos la campana, ambas juntas se habrán descubierto y el vapor penetrará, tanto por la abertura de arriba m , como por la de abajo n , para llegar al cilindro mientras la válvula esté levantada, como lo demuestra la Fig. 195 *a*.

El esfuerzo necesario para levantar la válvula es muy pequeño, porque depende únicamente de la superficie de las dos juntas, medidas en su proyección sobre un plano perpendicular á el eje ó al sentido del movimiento, y como el ancho de estas dos superficies de juntas se puede disminuir tanto cuanto se quiera, es evidente que el esfuerzo disminuirá tanto cuanto se quiera, y el trabajo conseguido será la mitad del debido á este esfuerzo, porque como abre simultáneamente dos entradas iguales al vapor, el tiempo de acción de este esfuerzo queda reducido á la mitad (para conseguir esto, se hace que el diá-

metro exterior superior de la cúpula sea igual al interior del anillo).

Atendiendo á esta circunstancia del poco trabajo consumido por estas válvulas, sin necesidad de acudir á compensadores como en la corredera, es por lo que se las ha adjetivado llamándolas *equilibradas*.

La distribución por válvulas tiene la gran ventaja de facilitar orificios grandes á la entrada y salida del vapor, con lo que se consigue mejor aprovechamiento de la fuerza elástica del vapor, y anular casi por completo los llamados *espacios muertos*.

También se consigue la distribución por medio de cuatro grifos colocados dos en cada extremo del cilindro, los cuales permiten ó impiden el paso del vapor por medio de movimientos giratorios comunicados á sus machos, según detenidamente estudiaremos en otra lección.

Creemos inútil consignar que las cajas de distribución, sea el distribuidor del sistema que se quiera, deben ir provistas de grifos de purga, para dar salida al vapor que en ellas se condensa, y que de otro modo pasaría al cilindro, causando el daño consiguiente.

Una vez puesto en marcha el pistón de una máquina por medio de un distribuidor de corredera movido por un excéntrico, es conveniente en determinados casos invertir el sentido de la marcha de aquél, con objeto de que la máquina marche en sentido en contrario. Para conseguir esto, es evidente que se necesita tan sólo variar opuestamente la situación de la corredera, respecto al pistón motor, en el momento en que esto se desee, pues con destinar á luz de admisión la que antes era de escape, habremos logrado que el vapor ejerza su acción sobre la cara opuesta del pistón á la en que antes obraba.

Este cambio de posición del distribuidor se obtiene desmontando el excéntrico que le mueve y volviendo á montarle

de modo que su centro esté en el extremo opuesto del diámetro, descontando el avance angular, si lo tiene; pero como esta operación exige entonces, no sólo parar la máquina, sino desmontar también algunos órganos de ella, hay que buscar otro medio más fácil de conseguir el mismo resultado. Esto se consigue, Fig. 196, uniendo la biela del excéntrico $a b$ al vástago del distribuidor $c d$, por intermedio de una palanca de brazos iguales $e c$, que gira al rededor de o : para invertir la marcha indicada en la figura no hay más que coger con una mano la biela, desengancharla del botón e , hacer girar con la otra mano la palanca $e c$, enganchando esta biela en c , y de este modo el distribuidor, que con el movimiento de la palanca pasó rápidamente á su posición opuesta, se encuentra de nuevo movido por la excéntrica: no hay que decir que esta operación se ha de hacer con la máquina parada.

Tampoco esta maniobra es conveniente en aquellas máquinas, en que á cada instante se ha de estar invirtiendo la marcha, y en estos casos se acude al empleo de dos excéntricos, calados ó montados de modo que sus centros estén en los extremos de un diámetro, descontando el doble del ángulo de avance, unidos al vástago del distribuidor; en un sentido de marcha actúa uno de ellos y en el sentido contrario actúa el otro excéntrico. Los extremos de las bielas de éstos se unen por medio de articulación, Fig. 197, á un *bastidor* ó *sector* de dos hojas a , entre las cuales se mueve un *dado*, *taco* ó *botón* b que hay en el extremo del vástago ó varilla del distribuidor: este bastidor ó sector, cuyo radio de curvatura es la longitud de la biela de las excéntricas, se suspende á un tirante c al rededor de cuyo punto extremo gira en vaiven: este tirante, articulado por el otro extremo con una barra d montada sobre un arbol e , puede, al girar éste, subir ó bajar el bastidor, resbalando sobre el taco; este movimiento giratorio del arbol, se

consigue por medio de una palanca ó barra *g*: un contrapeso *i*, equilibra todo este mecanismo.

Cuando el dado se encuentra en el punto medio de la corredera, las dos excéntricas la solicitan igualmente, y por tanto, el distribuidor no se mueve, está en su *punto muerto*. Si movemos á la palanca *a*, haciendo girar al eje *b*, la barra ó palanca *b c* girará, haciendo subir ó bajar la corredera, según sea el sentido del giro, y una de las dos bielas se aproximará en su extremo al taco, mientras la otra se alejará y la máquina será conducida por el excéntrico más próximo á el taco.

Se comprende, desde luego, que siendo movido el distribuidor de la manera dicha, este movimiento puede hacerse tan rápido ó tan lento como se desee, y al mismo tiempo tan gradual para la apertura de mayor ó menor superficie de luces, como ya veremos más adelante, que puede servir para regularizar el movimiento de la máquina, aumentando ó disminuyendo convenientemente la admisión de vapor. Este órgano se conoce con el nombre de *corredera, cuadrante ó sector de Stephenson*.

Para mover con seguridad la palanca *g* en la cantidad precisa que se quiera hacer correr el distribuidor, se la hace marchar sobre un arco de círculo que lleva á uno y otro lado del punto correspondiente al punto muerto, divisiones ó trazos equidistantes de él, que marcan dos ó tres posiciones distintas del distribuidor y en todas estas divisiones unas muescas donde entra una cuña de resorte *h* que lleva la palanca para ser fijada en cada uno de estos puntos á voluntad.

El vástago ó varilla de la distribución se une á el vástago ó barra que la enlaza con el taco por simple enchufe con cuña, Fig. 198, ó bien por medio de una pieza suplementaria que se une á la varilla de la concha á enchufe y cuña y además á tornillo y á la barra del taco por medio de tornillos: si entre

las dos caras de esta unión se ponen planchitas delgadas, se podrá variar la longitud de estos vástagos, Fig. 199.

En vez de la corredera Stephenson, pueden emplearse la de Gooch ó la de Walschaerts. La primera consta de un bastidor ó sector $a b$, Fig. 200, cuya curvatura está del lado de la distribución, y cuyo radio es la biela $d e$ de la varilla de la distribución; esta corredera oscila al rededor de un punto fijo c , al que está unido por medio del tirante $c o$, igual por lo menos á la cuerda $a b$, que está articulado en o , punto medio de este sector: un segundo tirante $g h$, articulado en h á la palanca de cambio de marcha $h i j$, provista del cantrapeso k , produce el resbalamiento del taco d sobre el sector, ocasionando las diversas posiciones del distribuidor.

La segunda, Fig. 201, no exige más que una excéntrica acoplada sobre el eje á 90° , sin avance angular alguno, y cuya biela $a b$ se enlaza con el sector $b c$ en su punto inferior; la varilla $e f$ del distribuidor se une á una barra $c g$, que por medio de una palanca angular se relaciona con el vástago del pistón: en un punto d , próximo al c , se articula otra barra $c d$, que lleva un taco que resbala dentro del sector $b c$, y que por medio de una ó más palancas, se une con la de cambio de marcha: el sector $b c$ oscila al rededor de su punto medio fijo, y tiene su curvatura del lado del distribuidor. De este modo, el avance de la corredera es constante en cualquiera de las posiciones del taco y de la palanca de cambio de marcha.

LECCION LI.

Expansión fija.—Expansión variable.—Por las correderas de cambio de marcha.—Por los sistemas de Meyer y Farcot.

En todos los sistemas de distribución estudiados hemos visto que el vapor de la caldera entraba en el cilindro durante casi toda la carrera del pistón, dejando de hacerlo un poco antes de terminarla, con el fin de evitar los choques contra los fondos ó tapas, y por tanto, que en cada pistonada ó embolada se consume una cantidad de vapor próximamente igual al volumen engendrado en el cilindro; pero si nosotros pudiéramos hacer de modo que no entrara vapor en aquél más que durante una cierta fracción de su carrera, es claro que el vapor introducido encontrándose encerrado en un vaso que tiene móvil una de sus paredes, el pistón obedecerá la ley de expansión de todos los gases y vapores, dilatándose á manera de resorte y ejerciendo presiones, cada vez menores, sobre las paredes que le encierran. La ley llamada de Mariotte, nos dice que *los volúmenes de un gas á una misma temperatura están en razón inversa de las presiones que sufre.*

Al moverse el pistón por la fuerza elástica del vapor ence-

rrado en la parte de cilindro, se producirá forzosamente un trabajo mecánico, que como todos, será igual á una fuerza multiplicada por un camino recorrido. Este trabajo es el que se denomina *trabajo debido á la expansión*, porque el vapor obra en él por *expansión ó dilatación*, para distinguirlo del trabajo producido por este vapor cuando venía de la caldera, que se denomina *trabajo á plena presión*, porque el vapor obra así á *plena presión*.

Este trabajo de la expansión se mide por un camino recorrido, que es la corrida que le falta describir al pistón, que es constante, y por una fuerza que es la presión del vapor en el cilindro, decreciente á cada instante, según la ley antes indicada. Para comprender la importancia de este trabajo representémosle gráficamente.

Sea AB , Fig. 202, la carrera del pistón y AC la fracción de ella durante la que se admite el vapor de la caldera ó sea el período de la *admisión*: al llegar el pistón al punto C se cierra la luz de admisión, y el vapor, obedeciendo á ley de Mariotte, se dilata haciendo avanzar al pistón. Expresemos con AD la presión del vapor durante la admisión, y tendremos que el trabajo que ha producido será $AD \times AC$, ó sea la fuerza elástica por el camino recorrido; pero esta expresión es el área del rectángulo $ACDE$; luego este área servirá de medida á aquel trabajo. Al dilatarse el vapor avanza el pistón en una cantidad que supondremos igual á AC y llega á M ; la presión en este punto será la mitad de la anterior AD , según la ley antes citada, toda vez que el volumen $AMND$ es doble del $ACED$; de modo que la presión será Mm . Al seguir dilatándose el vapor y llegar á P , en que ha recorrido un camino AP , triple de AC , la presión será Pp , igual á la tercera parte de AD ; y por último, en el final B de su carrera la presión será la cuarta parte de la correspondiente á la plena presión. Uniendo ahora por una curva los puntos

m , p , b , extremos de estas presiones, tendremos una superficie cuya área nos dará el trabajo debido á la expansión del vapor en toda su carrera ó en cualquier punto de ella.

Si el vapor hubiera seguido obrando á plena presión durante toda su corrida, su trabajo hubiera sido el representado por el área del rectángulo $A B F D$; de modo que el volumen $C E F B$ nos da el volumen de vapor que se ha ahorrado al emplear la expansión, y el área $E F b p m$ el trabajo que hemos perdido con este ahorro, lo que nos demuestra visiblemente que la expansión nos produce economía de vapor.

La expansión del vapor en el cilindro puede obtenerse por medio del distribuidor, ya sea éste de corredera, ya de válvula, ya de grifo, etc, con sólo disponerlo convenientemente para que en el momento señalado cierre la luz de admisión hasta el final de su corrida.

En el distribuidor de concha se consigue esto por medio de un aumento que se da al *recubrimiento*: en efecto, supongamos que la corredera está en la posición señalada en la Fig. 203, que es el momento preciso en que comienza á descubrir la luz de admisión, si marcha en el sentido b , ó cierra la admisión dando principio á la expansión si marcha según a : en el primer caso, el pistón está en el extremo de su corrida; en el segundo, en el medio.

Siguiendo el movimiento a , la expansión continúa, pero la luz de escape se cierra y se verifica una compresión de vapor que contraresta la acción de la expansión, y para atenuarla hay que dar á las luces un gran avance al escape, sin que éste llegue á ser perjudicial, por facilitar la salida por la misma luz de admisión antes de que el vapor haya producido todo su efecto.

Calculando convenientemente estos recubrimientos y avances, y aumentando, como es consiguiente, el ángulo de calado, se logrará disponer la corredera para conseguir una *expan-*

sión fija, que á todo lo más podrá ser igual á el tercio de la corrida del pistón.

La expansión con esta clase de distribuidor se consigue hacerla variable por medio de las correderas estudiadas de Stephenson y Gooh, teniendo presente que cuando el taco ó dado está en el centro del sector, el distribuidor no se mueve, ó sea que su corrida es la mínima, y que cuando el dado está en cualquiera de los extremos del sector, la corrida de la concha es la máxima; de este modo se puede aumentar ó disminuir á voluntad la amplitud de la corrida de la concha, y por tanto, cerrar por más ó menos tiempo las luces de admisión. En efecto, al estar el pistón en un extremo de su corrida, la luz de admisión estará abierta en el avance lineal de la misma, y al marchar aquél avanza también el distribuidor en el mismo sentido, para volver en sentido contrario á su punto de partida antes que el pistón haya terminado su carrera sencilla, cerrando, como es consiguiente, la luz de admisión que antes descubrió: luego, si la amplitud de este movimiento es más pequeña, es evidente que la concha cerrará más pronto la luz de entrada y la expansión será mayor.

Luego, haciendo variar por grados insensibles la posición del dado en el sector, variaremos también insensiblemente la carrera del distribuidor y conseguiremos una expansión variable en grados tan próximos ó separados como se desee, hasta tener la plena presión en los extremos del sector.

Con objeto de conseguir la expansión con mejores condiciones, se introduce en la distribución la siguiente reforma: A la corredera sencilla *a b*, Fig. 204, se agregan por ambos extremos dos orificios ó luces *a c* y *b d*, del mismo ancho que las luces del espejo, viniendo á coincidir unas y otras en los extremos de la corrida del pistón. Si la parte exterior de la concha la planeamos y pulimentamos perfectamente con el objeto de que sobre ella se mueva resbalando una segunda co-

rradera de expansión $e e$, es claro que podemos combinar el movimiento de ésta con el de aquella, de modo que á pesar de que las luces estén en comunicación, no pueda penetrar el vapor por ellas, porque esta segunda corredera lo impide, que es el caso representado en la figura. Esta segunda corredera es movida por una excentrica, á semejanza de la de la concha, formando un ángulo de calado relativo con ésta; es decir, que los dos brazos forman un ángulo igual al que resulta formado por el brazo de la excéntrica de la concha en el momento en que comienza la expansión con la perpendicular al espejo. La corrida de esta segunda corredera de expansión es igual, como minimum, á la de la concha, y su longitud es doble de la distancia entre el eje de la concha y el punto en que empieza la expansión, más el doble del ancho de las luces, medido todo en la superficie exterior de la concha: su posición será la mitad de su carrera en el principio de la expansión.

Para hacer que varíe el grado de expansión del vapor, no hay más que variar el ángulo de calado relativo de las dos excéntricas, ó modificar la longitud de la segunda corredera.

Pero cuando se quiere variar con prontitud y exactitud el grado de expansión del vapor, es decir, cuando se quiere hacer uso constante de la variabilidad de expansión, se emplean otros sistemas más perfectos, que toman los nombres de sus respectivos autores.

La expansión Meyer, Fig. 205, está fundada en lo que acabamos de decir, que variando la longitud de la segunda corredera, se varía el grado de expansión: no es, pues, más que una corredera de longitud variable á voluntad. Esto se consigue dividiendo en dos partes a y b la corredera de expansión y uniendo estas partes por dos tornillos de filetes contrarios formando una sola pieza $c c$, roscados en dos tuercas d , empotradas en cada una de estas partes de corredera: de este modo haciendo girar á este tornillo doble por medio del ma-

nubrio e , las correderas se aproximarán ó separarán, y por tanto, disminuirán ó aumentarán el cierre de las luces, y por consiguiente, el grado de expansión. Estos tornillos se prolongan por fuera de la caja de distribución, atravesando sus correspondientes cajas de estopa para unirse por un lado á la biela de la excéntrica motriz y por otro para que se pueda mover á mano.

La unión con la biela de la excéntrica, se ha de hacer de modo que pueda girar el vástago de la corredera de expansión, sin dejar por eso de estar unida á aquella y de marchar con ella: esto se consigue haciendo terminar á la biela en un anillo de unión f , en el que se sujeta con tuerca g al vástago de la corredera.

Para hacer girar estos tornillos á mano, se coloca abrazada ó comprendida en una parte saliente fija cualquiera h , una mangueta i sujeta á la anterior por medio de los pernos ó prisioneros k , que penetran en una garganta abierta en ella: en el hueco cilíndrico de esta mangueta se mueve longitudinal y alternativamente el vástago de la corredera, el cual lleva una llave larga ó lengüeta que resbala dentro de una muesca de esta mangueta; la mangueta termina por un lado en el manubrio-volante e , y por el otro, en una parte arroskada en la que entra una tuerca m que lleva un índice n , que señala en un brazo p fijo á h el grado de expansión que proporciona la corredera en aquella posición. De este modo, al hacer girar al manubrio e con la mangueta i , gira también el vástago de la corredera, porque á ello le obliga la llave larga ó lengüeta, y por tanto, se aproximan ó separan las dos partes de la corredera.

Este sistema es ingenioso, sencillo y de muy buenos resultados: sólo tiene el inconveniente de desgastarse con alguna prontitud las tuercas d por lo difícil de su engrasado.

La expansión Farcot, Fig. 206, consiste en lo siguiente:

una corredera posee dos luces $a' b'$, iguales en su cara inferior á las a y b del espejo, pero mucho mayores en su cara superior ó exterior, las cuales están divididas en tres aberturas $a'' b''$, iguales entre sí, y por lo menos iguales, ya que no mayores á $\frac{1}{3} a$ ó $\frac{1}{3} b$.

Sobre esta cara superior de la concha se mueven dos correderas A y B , independientes una de otra, completamente sueltas y ajustadas á aquella cara por la presión del vapor ó por la de muelles: cada una de estas correderas lleva dos orificios ó luces a''' y b''' , con el fin de abrir ó cerrar las luces a'' y b'' : llevan además dos topes, uno c que choca contra una pieza de forma especial e , y otro d que toca á la cabeza de un tornillo f , implantado en las paredes de la caja de distribución.

La pieza e tiene la forma que indica la figura, con objeto de que haciéndola girar al rededor de su eje o , presente distintos diámetros á la acción de los topes c , que de este modo se podrán aproximar más ó menos al eje.

Esto sabido, veamos como funciona este distribuidor, y para su mejor comprensión, tomemos el momento en que va á comenzar la expansión, que es el que indica la figura. La corredera A cierra exactamente, sin recubrimiento, las luces a'' ; el tope c está en contacto con la pieza e , y no puede, por tanto, seguir marchando con la concha, la cual, continuando su movimiento, arrastra consigo á la corredera B , sin que por esto se descubran las luces b'' hasta que en el trascurso de este movimiento el tope d toca contra f y detiene á B : sigue marchando la concha y se descubren entonces las luces b'' , para dar entrada al vapor: entretanto, el registro ó corredera A ha permanecido quieto, impidiendo la entrada del vapor y ocasionando, por tanto, la expansión. Inviértese el movimiento, la corredera de concha arrastra consigo á las correderas A y B , sin alterar sus posiciones, hasta que la B choca contra e y la A

contra , f en cuyo caso ambos quedan quietas, momento en el que se reproduce para B y b'' las mismas fases descritas antes para A y a'' .

De lo dicho se deduce que si aumentamos ó disminuimos el diámetro de la pieza e , disminuirémos ó aumentaremos la corrida de las correderas A y B , y por tanto, disminuirémos ó aumentaremos el grado de expansión del vapor: y que si arreglamos los topes d y f de modo que se establezca su contacto cuando las luces estén completamente abiertas, tendremos absoluta independencia entre la fijeza y constancia en la superficie de admisión de vapor y la variabilidad continua en la expansión.

LECCION LII.

Distribución y expansión por válvulas.—Catarata.—Máquina de Cornwall.

Para dar una idea de los distintos modos como puede efectuarse la distribución del vapor en un cilindro por medio de válvulas, en sustitución de las correderas, tomaremos algunos ejemplos de máquinas construidas pertenecientes á distintos sistemas.

La distribución de Revollier, descrita por Armengaud, consiste en dos válvulas destinadas á la admisión del vapor, y otras dos para la evacuación ó escape, movidas todas por una excéntrica, del modo siguiente:

Formando cuerpo con el cilindro, Fig. 207, hay dos cajas fundidas, iguales y colocadas en los extremos de la corrida: estas cajas se dividen en tres compartimientos, superior, medio é inferior: á el primero llega constantemente el vapor de la caldera; por el inferior se evacua el vapor del cilindro, pasando á la atmósfera ó al condensador.

La entrada constante de vapor de la caldera se regula por

la válvula de admisión, reguladora ó válvula de cuello, que entre otras formas y disposiciones cualesquiera, puede tener la de una válvula de mariposa *A*, que se mueve verticalmente por medio de un tornillo y un manubrio.

Las válvulas equilibradas colocadas en los compartimientos superior y medio, tienen movimientos cambiados, es decir, que cuando la primera se abre, la segunda se cierra; de este modo, el vapor que ha penetrado de la caldera llena el compartimiento superior y se abre esta válvula, pasa entonces al cilindro y actúa sobre el pistón, permaneciendo cerrada la válvula inferior para que ambos compartimientos queden incommunicados; pero en la otra caja de válvulas sucede cosa análoga, aunque á la inversa, por lo que la válvula superior está cerrada y la inferior abierta, permitiendo así la salida al vapor que hay al otro lado del pistón.

El mecanismo que produce este juego de las válvulas es el siguiente: el vástago de cada válvula está unido á una palanca horizontal *a*, cuyo punto de apoyo y giro está en el extremo de un tornillo que atraviesa la pared de la caja y de una tuerca exterior *b*: el otro extremo de esta palanca se enlaza ó mortaja con una varilla vertical *c*, que después de atravesar toda la caja sale al exterior y se une á una pieza prismática *d*, que lleva un taco lateral y que termina por su parte superior en un pequeño cilindro que penetra en una mangueta *e*, que encierra un resorte de tirabuzón: la acción de este resorte se gradúa por medio de una tuerca *f* exterior que atornilla con la mangueta. En un eje horizontal hay una pequeña palanca ó balancín *g* de brazos iguales, para levantar las válvulas, y una manivela que, por la acción de la excéntrica describe, y con ella el eje, un movimiento circular alternativo: este movimiento se consigue por medio de una barra *h* movida por la biela de la excéntrica, que está guiada en cárceles fundidas con el cuerpo del cilindro y que lleva dos piezas enlazadas en

corredera *m n* á la manivela anterior, que trasforman el movimiento rectilíneo de ésta barra en circular alternativo en el eje.

Descrito ya todo el mecanismo, veamos como funciona. Al moverse en un sentido cualquiera la barra *h* por la acción de la excéntrica, llega un momento en que la pieza en corredera mueve al eje *i*, y este á su vez al balancín *g*, que al describir el arco de círculo correspondiente á su amplitud, tropieza con el taco de una de las varillas *c* de las válvulas y la levanta. Supongamos sea la de admisión posterior en el cilindro; entra el vapor durante el período determinado, y la válvula inferior de la caja anterior se abre, dando escape al vapor: en el momento oportuno se verifica el movimiento en sentido contrario de la excéntrica, y la barra y el eje y el balancín se mueven también en sentido contrario y se abren las otras dos válvulas. Las válvulas, antes levantadas y abandonadas ahora por el balancín, vuelven á bajarse por virtud del resorte encerrado en la caja cilíndrica.

Se produce en el pistón el movimiento contrario, y así sucesivamente se repite lo mismo en cada pistonada.

Es evidente que si la válvula de admisión se cierra antes de terminar su carrera el pistón, el vapor obrará durante el resto de la corrida por expansión: el grado de esta expansión y la manera de conseguirlo, no depende más que de la altura á que se coloque el taco que hay en el vástago de las válvulas de admisión, porque si se dispone de modo que sólo sea cogido por el balancín, cuando éste llegue al final de su oscilación, es evidente que muy pequeño será el tiempo que estará levantado, y por tanto, abierta la luz de admisión.

La prontitud con que se descubren y se cubren las superficies de admisión y emisión, el poco esfuerzo que necesitan para su movimiento estas válvulas, la disminución notable que proporcionan á los espacios muertos, la facilidad con que se consigue dar mayor sección á la luz de escape, determinan-

do así la pronta evacuación del vapor que ya ha obrado y la prontitud con que se examinan y corrigen estas distribuciones por válvulas, son motivos más que bastantes para justificar plenamente el uso casi constante que se hace de ellas en todas las máquinas en que se desea utilizar la expansión en sus más altos grados y reducir al mismo tiempo las dimensiones de todos sus órganos á la menor expresión posible.

Otro de los ejemplos de distribución por válvulas que vamos á estudiar, es el seguido en las máquinas de Cornwall con las válvulas equilibradas que ya hemos descrito. Estas máquinas, empleadas generalmente en el desagüe de las minas, son de *simple efecto*; es decir, que el vapor obra constantemente por una sola cara del pistón, contrariamente á los cilindros, como el anteriormente estudiado, en que el vapor obra alternativamente por cada una de las caras del pistón.

En esta clase de máquinas entra como elemento esencial del aparato distribuidor uno que se denomina *Catarata* y que vamos á describir. Se compone, Fig. 208, de un cuerpo de bomba *a* colocado en un depósito de agua: en él se mueve un pistón macizo cuyo vástago se articula con un brazo fijo á un eje horizontal *b c*, que tiene por un lado un contrapeso *d*, y por el otro una palanca *e*: sobre este mismo eje hay otro brazo que se articula á una varilla vertical *f* guiada por varios puntos fijos. El cuerpo de bomba tiene en su parte inferior un tubo de entrada del agua con una válvula que abre de fuera adentro, y por encima y lateralmente, otro provisto de una llave de paso que permite el desagüe del cuerpo de bomba, con más ó menos prontitud, según se abra más ó menos esta llave.

Descrito ya este aparato, veamos cómo se verifica la distribución del vapor en el cilindro motor.

Este es vertical, y supongamos que el vapor obra sobre la cara superior del pistón y que la válvula de escape está abierta: cuando ha de empezar á bajar el pistón, se abre la válvula

de admisión por la acción de la catarata, y al llegar al punto donde termina la admisión y empieza la expansión, $\frac{1}{8}, \frac{1}{6}, \frac{1}{4}$ de su corrida, la varilla P , movida por el paralelógramo del balancín, cierra la válvula de admisión y la expansión del vapor termina la corrida del pistón; en el momento en que éste llega á su parte inferior, la varilla cierra la válvula de evacuación ó escape, y abre una tercer válvula llamada de *equilibrio*, porque permite que el vapor que ha obrado en la cara superior del pistón pase á la inferior, quedando éste, por consiguiente, accionado por dos fuerzas iguales y contrarias. El pistón toma movimiento contrario, es decir, sube, obligado por el peso del tirante de las bombas que obra al otro extremo del balancín: al final de su subida, la misma varilla cierra la válvula de equilibrio, y el pistón queda en reposo con todas las válvulas cerradas, hasta que la catarata, imprimiendo un movimiento vertical á su varilla, abra primero la válvula de escape y después la de admisión.

El juego de la catarata es el siguiente: Cuando la varilla P baja, el taco q tropieza con la palanca c y la baja, haciendo girar al arbol $b c$: entonces el pistón de la bomba sube, hace la absorción y penetra el agua á través de la válvula de aspiración: la palanca f baja también, y con ella la varilla vertical que mueve la válvula de admisión del vapor. Cuando la varilla P sube, el peso d ejerce su acción, haciendo girar en sentido contrario al eje $b c$, en cuyo caso baja el pistón de la bomba comprimiendo el agua y obligándola á salir por el tubo que tiene la llave de paso, y es evidente que según sea mayor ó menor el área de salida que proporcione esta llave, así el cuerpo de bomba se vaciará más ó menos de prisa, y por tanto, el pistón y la varilla f marcharán más ó menos de prisa.

Una sola válvula puede servir á un tiempo de aspiración

y de salida, según representa la Fig. 209, en la que la sección de salida se gradúa por la palanca $a b c$.

De lo expuesto se deduce que la acción de la catarata es la que determina el intervalo que ha de mediar entre cada dos golpes de pistón, ó sea el tiempo que el pistón está en reposo, porque siendo la varilla f la que ha de abrir la válvula de admisión, si ésta sube despacio porque la catarata da poca salida al agua de la bomba, el número de golpes de pistón será pequeño y grande el intervalo que los separa; y si, por el contrario, la varilla sube de prisa porque el desagüe de la bomba es rápido, el número de pistonadas es grande y el tiempo de reposo corto.

El juego de las tres válvulas, de admisión, de escape y de equilibrio, se verifica de la misma manera, y por tanto, describiremos sólo el de una de ellas, la de admisión.

Supongamos, Fig. 210, la válvula abierta y el pistón bajando con la varilla P : este lleva un taco a que en su descenso tropieza con la pieza b , á la que hace bajar obligando á girar al eje ó árbol horizontal c y á la manivela d ; la que por intermedio de la biela e mueve la palanca f al rededor del punto g y hace bajar el vástago i de la válvula, cerrando la entrada al vapor: esta palanca lleva un contrapeso h para equilibrar el peso de estas piezas: el eje c tiene además un sector k que al ser arrastrado en el movimiento $d c$ levanta una palanca $l m$ que gira al rededor de l y que engancha el otro extremo m en la varilla f de la catarata: además lleva una pequeña manivela que por medio de la biela $n o$ mueve una palanca con un contrapeso q que gira en p .

Cuando gira el eje c , se levanta la palanca $l m$, se engancha en la varilla f , baja la manivela n la biela $n o$, y sube el contrapeso q : por la acción de la catarata, sube después la varilla f , levanta la palanca $l m$, y quedando en libertad el eje c , cae el contrapeso q , haciendo girar á aquél en sentido contra-

rio; con esto la manivela d , la biela e y la palanca f se mueven también en sentido contrario, y la válvula se abre, dando entrada al vapor.

Cada una de las otras dos válvulas tiene otro eje con iguales artificios ú órganos para su movimiento.

La válvula de cuello se pone en relación con el regulador para moderar la entrada del vapor de la caldera.

LECCION LIII.

Expansión en dos cilindros.—Maquinas Woolf y Compound.

Cuando se quiere llevar la expansión en un cilindro á un grado muy alto, la potencia tiene valores muy distintos al principio y al fin de la corrida del pistón, y por tanto, la velocidad variaría considerablemente si no se dispusiesen grandes y pesados volantes, y como es consiguiente, grandes gruesos á los demás órganos de las máquinas. Pero si esta expansión se verifica en dos cilindros distintos, en uno de los cuales, el más pequeño, obra el vapor á plena presión, y en el otro, el mayor, obra por expansión, entonces habremos disminuido en mucho la irregularidad del trabajo de la potencia, porque los dos pistones funcionan simultáneamente con presiones diferentes, que bien combinadas dan por resultado la regularización del trabajo.

Para comprender el principio en que descansan estas máquinas de dos cilindros, llamadas de Woolf, por ser éste el nombre de su primer constructor, supongamos que sea *A* el cilindro menor, que recibe directamente el vapor de la caldera por medio de una distribución cualquiera de las ya estudiadas,

sea que obre á plena presión durante toda la corrida, sea que sufra en él una pequeña expansión, y que á medida que desciende, por ejemplo, envía el vapor que hay del otro lado del pistón por la luz de emisión ó evacuación á la caja de distribución de otro cilindro mayor *B*, en el que penetra obrando sobre análoga cara de su pistón para hacerle también descender: como los dos pistones están unidos á un mismo mecanismo, los dos terminan á un mismo tiempo su carrera.

Si, pues, en el primero ha obrado el vapor á plena presión y en el segundo por expansión, es claro que el grado de ésta será la relación que haya entre los volúmenes de los dos cilindros.

Si en vez de suponer que los dos pistones ascienden ó descienden simultáneamente, consideramos que el uno suba cuando baje el otro, ó en general que lleven invertidos sus movimientos, entonces el paso del vapor de uno á otro no es en *cruz*, como antes, sino *directo*; es decir, que el vapor que actúa sobre una cara del pistón menor, obra sobre la misma cara del pistón mayor.

Cuando se quiere expansión fija, se determina ésta por la relación de los volúmenes de los cilindros, como ya hemos dicho, y entonces los distribuidores de cada uno de ellos son correderas ordinarias, con ó sin recubrimiento; cuando se desea expansión variable, se dispone ésta en la caja de distribución del cilindro pequeño, empleando cualquiera de los sistemas ya descritos, dejando en el cilindro grande una distribución fija ordinaria.

Como ejemplo de distribución con expansión variable á mano, presentaremos el de una máquina construida por Mr. Boyer. Los dos cilindros están rodeados de una misma envolvente ó camisa de vapor que recibe á éste de la caldera y le hace pasar, después de haberla recorrido, á la caja de distribución del cilindro menor por el tubo *a*; después de haber obrado en este

cilindro, pasa á la caja de distribución del otro por el tubo *b*, y después de haber desarrollado en este cilindro mayor el trabajo de la expansión, escapa al condensador por el tubo *c*.

El movimiento de las distribuciones se consigue enlazando los vástagos de las dos correderas por medio de una traviesa *d* á dos varillas verticales *c c* unidas de igual modo por su parte inferior, formando así un ligero bastidor: éste se enlaza en articulación con uno de los brazos de un pequeño balancín que recibe movimiento oscilatorio de la excéntrica montada sobre el eje principal: el otro brazo del balancín mueve otro bastidor, al que está unido el vástago de la corredera de expansión *g*, cuyo grado se hace variable, siendo del sistema Meyer, por medio del tornillo *h*. Para conseguir un perfecto movimiento rectilíneo vertical, en estos bastidores hay unas varillas *k*, que sujetas por cárceles, les sirven de guías.

Esta clase de máquinas de dos cilindros tomaron desde el momento en que se aplicaron al movimiento de los buques el nombre de *Compound* (palabra inglesa que quiere decir *compuesta*), y por más que hoy constituyen una clase de máquinas que tienen su nombre propio como independientes de las de Woolf, la verdad es que no hay diferencias notables ni esenciales entre las de uno y otro nombre: tanto es así, que apenas pueden señalarse como tales entre uno y otro sistema la existencia de un depósito de vapor en que se almacena el que ya ha obrado en el cilindro menor antes de ser empleado en el cilindro mayor, y en que el movimiento de los dos pistones está dispuesto de modo que sus manivelas formen ángulos variables, con el fin de que nunca se encuentren los dos en iguales circunstancias de trabajo, Fig 213. Pero ni la una ni la otra condición son indispensables en máquinas que se llaman *Compound*, puesto que las hay, como las magníficas de Sulzer, que no tienen depósito intermedio de vapor, toda vez que el vapor contenido en la camisa del cilindro mayor, que es el

que ha escapado del cilindro menor, sustituye á este depósito, ni tiene sus manivelas formando ángulo, puesto que teniendo los dos cilindros sobre una misma línea perpendicular al eje, es decir, uno á continuación del otro, no tiene más que una sola manivela.

La expansión en las máquinas Compound se diferencia de la que se verifica en las de Woolf, en que en aquellas la admisión de vapor en el cilindro mayor no se verifica durante toda la corrida, sino que tiene que cesar en un punto determinado por la relación de volumen de los dos cilindros; hay, pues, expansión en los dos cilindros, al paso que en las de Woolf, la admisión en el cilindro mayor se verifica durante toda su corrida. Es tanto el partido que de este hecho puede obtenerse, que se ha llegado á utilizar la fuerza expansiva del vapor hasta el grado 16, es decir, hasta 16 veces el volumen de vapor gastado en el cilindro menor, y no hay para qué ponderar la economía de combustible y de vapor que con ello se consigue, pues á su simple enunciación queda comprendido.

Las Figs. 214 y 215, nos representan dos máquinas horizontales Compound, de cilindros paralelos una, y en prolongación la otra, en que se observa la expansión variable á mano en el cilindro menor, y la acción del regulador sobre la válvula de cuello.

Estas máquinas pueden ser de simple y doble efecto y tener su distribución por cualquiera de los sistemas estudiados, con expansión fija ó variable, ya á mano, ya por la acción del regulador.

LECCION LIV.

**Condensación.—Sus ventajas.—Condensación por mezcla.—
Condensación por superficie.**

En diferentes lecciones anteriores hemos dicho que el vapor, después de haber efectuado en el cilindro ó cilindros el trabajo debido á su fuerza elástica, se escapa á la atmósfera ó al condensador. Cuando sucede lo primero, se dice que la máquina es *sin condensación*, y cuando lo segundo, se denomina *con condensación*.

En las primeras, se pierde la cantidad de trabajo debido á la temperatura que posee el vapor cuando sale á la atmósfera, y es necesario que la luz de escape del distribuidor sea de dimensiones bastante grandes para que el vapor no encuentre dificultad en su salida, pues si no sucediera así, se verificaria una contrapresión ó presión resistente en el cilindro, que disminuiría el trabajo motor en la cantidad correspondiente á la diferencia de tensión que á uno y otro lado del pistón hubiera.

Cuando esta salida es facil, la tensión que habrá del otro lado de la cara del pistón en que obra el vapor será la de la atmósfera, y por tanto, ésta representará la presión resistente constante.

En las segundas, se aprovecha más la acción del vapor, porque se anula casi por completo esta presión resistente: en efecto, si hacemos pasar al vapor, después de haber efectuado su trabajo, á un *condensador* ó cámara cerrada donde el vapor tome por enfriamiento su estado líquido primitivo, es evidente que en la parte del cilindro en comunicación con el condensador, se habrá producido un vacío más ó menos perfecto, que habrá reducido á su mínimo á la presión resistente, y por tanto, se habrá aumentado la cantidad de trabajo motor. Ventaja disminuida en parte, toda vez que para lograr esta condensación hay que emplear órganos á propósito que ocasionan resistencias pasivas que hay que vencer, pero cuyo valor es siempre menor que el antes obtenido.

Otro de los beneficios que dispensa la condensación, es el hacer posible la utilización de la expansión en grados elevados, en los cuales el vapor llega á trabajar con provecho á presiones inferiores á la de la atmósfera.

Esta condensación del vapor puede hacerse de dos modos, ó mezclándole directamente con gran cantidad de agua fría, ó haciéndole pasar por superficies metálicas, que estando bañadas por el agua fría, roban á aquellas el calor que el vapor les comunica, enfriándose y licuándose así éste, ó sea condensando por mezcla ó por inyección directa, ó condensando por superficie ó indirectamente.

Vamos á ocuparnos de una y otra, empezando por la *condensación por mezcla*.

El condensador ó espacio perfectamente cerrado, en que se efectúa esta mezcla de vapor y agua, es preciso que sea lo suficientemente resistente para no deformarse por el peso de la atmósfera exterior que sobre él actúa: es necesario, además, que no presente ningún escape ni al agua ni al vapor, ni ocasión á la entrada del aire exterior; de los escapes primeros se asegura uno por la vista; de la última, por el silbido que pro-

duce el aire al entrar en él, ó por medio de la llama de una vela que se aplica á el punto sospechoso; llama que es atraída hácia dentro si efectivamente hay grieta ó agujero que da entrada al aire.

Los órganos constitutivos de todo condensador, son: inyector de agua, inyector de vapor, válvula de seguridad ó grifo de purga, puerta de registro, bomba de aire y barómetro ó indicador de vacío.

El inyector de agua es un tubo que por el extremo que tiene dentro del condensador termina en boca de regadera, para proyectar el agua en el condensador finamente dividida, con objeto de que se mezcle bien con el vapor, y que por el otro extremo termina en otra boca análoga, aunque de agujeros mayores, con el fin de no permitir el paso á cuerpos que puedan obstruirlo. Cerca del condensador, y por la parte exterior á éste, tiene un grifo, válvula ó llave de paso, que se maneja á voluntad, para regular la cantidad de agua que ha de entrar al condensador.

El inyector de vapor es un tubo provisto también de su correspondiente llave, que conduce al condensador un pequeño dardo de vapor. Este inyector sólo funciona cuando se trata de poner en marcha la condensación después de haber estado mucho tiempo parada, y entonces lo hace con el objeto de desalojar por medio del vapor el aire que llena el condensador y la bomba de aire; éste sale por la válvula de seguridad ó grifo de purga, que se mantiene abierto hasta que por el se ve salir el vapor con su aspecto característico de nube blanca; entonces se cierra la válvula ó grifo, se condensa este vapor por una pequeña inyección de agua, y queda establecido el vacío en el condensador.

La válvula de seguridad ó grifo de purga, tiene por objeto desahogar el condensador cuando dentro de él hay un exceso

de presión: funciona automáticamente ó á mano, según sea válvula ó grifo.

La puerta de registro no es más que una puerta autóclava, cuya junta ha de estar perfectamente hecha: por esta puerta se registra, limpia y corrigen las averías del condensador.

La bomba de aire, llamada así porque tiene por objeto no sólo extraer el agua que en el condensador hay, sino también el aire que en él se acumula, por haberse desprendido del agua de inyección calentada con el vapor que se lícua, no es más que una bomba análoga á la de alimentación de las calderas, y que como aquellas, puede ser de simple ó de doble efecto.

Es evidente que la cantidad de agua que se necesita para condensar el vapor gastado por una máquina, depende de la temperatura del agua exterior ó de inyección t , de la temperatura del agua que se extrae del condensador, ó sea después de la condensación (que ni puede bajar de 30° ni exceder de 50°) T , del peso del vapor gastado P , que es igual á V , volumen engendrado en el cilindro por la densidad, y á la temperatura t' del vapor correspondiente á su presión. Esta cantidad de agua es igual á $\frac{P (550 + t' - T)}{T - t}$ ó bien, si se quiere usar

una fórmula empírica ó más práctica, será igual á $30 P$.

El barómetro ó indicador de vacío no es más que el manómetro de Bourdon, explicado en las calderas de vapor, con la sola diferencia de que su graduación acusa fracciones de una atmósfera, puesto que este es el máximo de presión que se puede alcanzar en el condensador. Este vacío no puede ser nunca perfecto, y por tanto, nunca se podrá conseguir que la aguja marque cero.

La inyección del agua en el condensador se verificará por sí misma, en virtud del exceso de presión que la atmósfera

ejerce sobre la superficie de la balsa ó cisterna de donde se toma, si su profundidad respecto al condensador no es superior á la que corresponde al vacío formado, pues si lo fuera habría necesidad de emplear una bomba aspirante-impelente que la elevara. Por ejemplo; si el vacío se verifica en el condensador, marcando el indicador $\frac{1}{4}$ de atmósfera, ó sea una presión de 19 cents. de mercurio, tendremos que el exceso de presión exterior sobre la interior será $0,76 - 0,19 = 0,57$ de mercurio, igual á $0,57 \times 13,6 = 7,75$ de agua, ó

$$10,33 - \frac{10,33}{4} = 7,75; \text{ es decir, que el agua de inyección se}$$

elevaría por sí sola hasta el condensador desde esta profundidad de 7,75 ms.; pero no haría más que derramar en él sin penetrar en lluvia fuerte, y por tanto, para conseguir esto, así como para vencer las resistencias pasivas propias, no debe excederse de la mitad, como máximo de profundidad. Tampoco debe ser superior el nivel del agua exterior al condensador, porque entonces quedaría éste ahogado y el agua penetraría en el cilindro.

Aunque son infinitas las formas y disposiciones de los condensadores por mezcla, describiremos uno sólo horizontal, Fig. 216, en que se emplean las válvulas de caoutchouc, sin entrar en aquellos detalles, que son esencialmente particulares de un ejemplo determinado. El condensador se compone de dos capacidades que podemos llamar, aunque impropriamente, exterior *a* é interior *b*; en esta, que es el verdadero condensador, penetra el vapor del cilindro y el agua de inyección, que por medio de las válvulas *c c'* pasa, ya licuado aquél, á las cámaras *d d*, de donde se traslada á la cámara superior *a* y á la bomba de aire *e*, por medio de las válvulas *f f'* y de las luces ó espacios abiertos *g*, del modo siguiente: supongamos el pistón de la bomba, que es de doble efecto, en el principio de su

corrida, al marcharen sentido de la flecha, aspira, y el agua contenida en *b* abre la válvula *c'* y cierra la *f*; pasando por *g*, al cuerpo de bomba; el agua que hay al otro lado de la cara del pistón pasa por *g*, cierra la válvula *e*, abre la *f* y pasa á *a*, de donde sale al exterior por el tubo *h*. Estas válvulas no son otra cosa más que planchas de goma vulcanizada, rectangulares, Fig. 217, que se sujetan en su asiento por uno de los lados menores del rectángulo, sirviéndole este lado de charnela ó eje de giro; el asiento es una placa en forma de parrilla, es decir, provista de agujeros rectangulares: el juego de la válvula está limitado por unas placas *a* sujetas con tornillos al asiento.

Condensación por superficie. Si al vapor que evacua el cilindro le hacemos pasar por el interior de un haz de tubos, cuyas paredes exteriores las tenemos constantemente bañadas con agua fría, es evidente que este vapor se condensará dentro de estos tubos, licuándose, y transmitirá su calor al agua que rodea á aquellos. Es claro que dada la existencia constante de la cantidad de agua fría necesaria, esta condensación se verificará tanto más fácil y completamente, cuanto mayor sea la superficie que presenten estos tubos, y cuanto mejor conductriz del calórico sea la sustancia de que se formen: de aquí el que estos tubos, siempre metálicos, de latón por lo general, sean de pequeño diámetro, pero fáciles de limpiar en su interior de la crasitud que sobre sus paredes deja el vapor condensado; crasitud procedente de los engrases del cilindro y distribución, que no sólo aminora este diámetro, sino que le hace perder conductibilidad al calor.

Esta necesidad de limpiar frecuentemente los tubos ha hecho que actualmente se inviertan los papeles que antes desempeñaban los tubos y la caja que los contiene: ahora el vapor es exterior á los tubos y el agua fría circula por dentro de éstos.

Estos tubos pueden disponerse horizontales, verticales ó inclinados, y se fijan á la caja que los encierra por medio de dos placas agujereadas, á los que se sujetan por cualquiera de los procedimientos siguientes:

1.º La placa presenta un agujero que tiene dos diámetros diferentes, el mayor del lado de la cara de la placa que recibe el agua fría; se introduce el tubo que pasa con holgura y en la parte de mayor diámetro, se aloja justamente una planchita anular de caoutchouc. La diferencia de presión que hay entre las dos caras de la placa, ayudada por la tensión de la cámara de condensación, aprieta la planchita y produce su junta impermeable, Fig. 218.

2.º En la placa se abren agujeros de gran diámetro, en que se implantan tacos perforados de madera, por los que pasan muy justamente los tubos.

Por la acción del agua y del vapor aumenta de volumen la madera y produce la junta deseada, Fig. 219.

3.º Entre dos placas metálicas perforadas, se coloca otra de goma vulcanizada, también con agujeros, pero de menor diámetro que los tubos, que produce la impermeabilidad por medio de la compresión mayor ó menor que entre las dos experimenta.

Entre las muchas disposiciones que afectan estos condensadores, elegiremos una vertical como ejemplo para su descripción.

Supongamos, Fig. 220, una caja inferior *a* que tiene un depósito central más elevado *b*, á cuya caja cilíndrica llega el agua de inyección fría por el tubo *c*: sobre ella hay otra caja *d* intermedia, cámara de condensación, que es la que tiene los tubos rodeando al cuerpo *b*: encima de esta segunda caja hay una tercera *e*, donde actúa la bomba de extracción ó circulación.

El vapor llega del cilindro por el tubo *f* y penetra en el

condensador *d*, redeando á todos los tubos, se condensa y cae al fondo de la caja, de donde sale por el tubo *g* que la lleva á un depósito de donde la extrae la bomba de aire. El agua de inyección penetra por *c*, por virtud de una bomba de simple ó doble efecto, desprende el aire que contiene y que se acumula en *b*, haciendo el efecto de un resorte moderador de su velocidad, asciende por los tubos y pasa á la cámara superior *e*, de donde la extrae la bomba de circulación: varios registros colocados sobre la tapa de esta última cámara, permiten examinar tanto esta cámara como la de condensación.

La condensación verificada en esta forma, permite que se pueda utilizar de nuevo para la alimentación de la caldera el agua que sale por *g* y que está ya exenta de sales incrustantes, circunstancia de mucha valía cuando las aguas de que se dispone para la alimentación son de mala calidad. Pero ha de tenerse presente que este agua no puede emplearse exclusivamente en la alimentación, sino que se ha de mezclar en proporciones convenientes, determinadas en cada caso particular, con el agua impura de alimentación; porque se ha comprobado que si no se hace así, los generadores de vapor se oxidan y corroen rápidamente, no sólo por virtud del mucho aire que este agua contiene, si que más principalmente por las materias oleaginosas ó crasas que adquiere el vapor al pasar por la distribución y cilindro, y que al ser introducidas en la caldera forman jabones ferruginosos; además, este agua por haber estado en contacto con los tubos de latón, arrastra alguna cantidad de cobre que en presencia del hierro del generador, desarrolla una acción galvánica que corroe la plancha de hierro de un modo muy irregular, pero muy enérgico.

Estas acciones se neutralizan en parte colocando en el depósito ó cisterna del agua condensada cal ó carbonato de sosa, que se apoderan de los ácidos grasos que contiene el agua, for-

mando sales que en nada perjudican al generador ó colocando en la cámara de agua de la caldera una plancha de zinc que, al combinarse, de preferencia al hierro con estos ácidos, preserva á las planchas de su acción corrosiva.

LECCION LV.

Crucetas y guías del vástago del pistón.—Biela.—Ejes.—Coginetes.—Placa de fundación.

Cuando las máquinas de vapor han de transformar el movimiento rectilíneo alternativo de su pistón en otro diferente, es preciso disponer los órganos intermedios necesarios para lograr este objeto, y para ello es preciso ligar, unir ó articular estos órganos del modo más conveniente.

Si suponemos que se desea conseguir un movimiento circular continuo en un eje, tendremos que combinar el vástago y el eje por el intermedio de una biela y una manivela. La articulación del vástago con la biela se hace por medio de una pieza llamada *cruceta* ó *taco*, de forma muy variable, pero que en su esencia consiste en una barra de hierro forjado, de sección circular y de pequeña longitud, que está atravesada por un orificio, por el que pasa el vástago del pistón, fijándose á ella por medio de una tuerca, si termina en tornillo, ó por medio de una *chaveta* ó *cuña* que atraviesa á ambos; á uno y otro

lado del núcleo de la cruceta *a* hay dos muñones *b b*, en los que se articula una ó dos bielas. Con objeto de que el movimiento del vástago sea completamente rectilíneo, se le provee á esta cruceta de uno ó dos *patines c c'*, que resbalan sobre dos superficies invariablemente fijas que se llaman *guías*: tanto aquellos como estas han de tener sus superficies de contacto completamente planas, lisas y pulimentadas, á fin de que el rozamiento producido sea pequeño.

Es evidente que en las máquinas verticales de balancín no se necesitan patines ni guías, porque el paralelógramo de Watt los reemplaza.

En muchas ocasiones la cara de rozamiento de los patines no es de hierro ó acero, sino de una aleación llamada de *anti-fricción*, aleación compuesta de cobre = 10, estaño = 80 y plomo = 10, ó de cobre = 5, estaño = 71 y antimonio = 24, que se vierte fundida en la cajera *d* que con este objeto lleva el patín.

La *biela ó barra de conexión* es una barra de hierro ó acero de sección circular, elíptica ó rectangular (en algunas locomotoras suele tener la forma de doble *T*), decreciente desde su centro á los extremos, que se articula por un lado al vástago del pistón y por el otro al botón ó muñón de la manivela; aquel extremo se llama *pié* de la biela, y éste *cabeza*; aquél es de menores dimensiones que ésta. La biela puede ser *motriz* ó de *acoplamiento*, según el papel que desempeñe en la máquina.

La manera de articularse es la misma para el pié que para la cabeza, y varía mucho de una máquina á otra: nosotros diremos las formas más comunes.

La barra ó cuerpo *a* de la biela, Fig. 222, termina en una horquilla circular *b b*, sobre la que descansa un anillo de bronce *c* (llamado simplemente bronce por lo común), que es el que está en contacto y roza con el botón ó muñón de la cruceta ó

de la manivela. Una tapa ó sombrero exactamente igual concluye de abrazar á este muñón, sobre el que se aplica con más ó ménos fuerza por medio de dos pernos colocados en d : con objeto de que el anillo c no pueda ser arrastrado en el movimiento giratorio del arbol, queda sujeto invariablemente por los pernos d que pasan por una escotadura que el anillo lleva al efecto.

La biela puede terminar en una T , ó sea en cruz, en cuyo caso, sobre la cara plana de esta a , Fig. 223, se coloca el bronce $b b'$, y encima de los dos una pieza de hierro c , que se sujeta á la biela por medio de pasadores.

Cuando la biela termina en un ensanche prismático rectangular a , Fig. 224, se coloca sobre la base de éste los dos bronce $b b'$, que en este caso también es la forma exterior, compuesta de caras planas: abrazando este conjunto se coloca un estribo c , que se fija á la biela por medio de una chaveta d ; una *contrachaveta* ó *perno* e , más delgada y en forma de cuña, determina por su mayor ó menor calado la aproximación conveniente de los bronce.

Para evitar que estas chavetas se puedan mover ó caer, se sujetan por medio de tornillos, como indica la Fig. 229

Los dos bronce de estas articulaciones no descansan uno sobre otro, sino que lo hacen por intermedio de dos cuñas de grueso igual para las dos, que ni impidan el contacto de los bronce con el muñón, ni consientan que el rozamiento de estos sea intenso: de este modo se pueden apretar sin temor las tuercas de los pernos y consolidar más el conjunto.

Las figuras siguientes indican la cabeza de algunas bielas usadas en las locomotoras: en la Fig. 225, vemos que el ajuste de los bronce se consigne por medio del tornillo a , que hace subir ó bajar á la cuña b ; en la Fig. 226, las mismas letras representan lo mismo; en la Fig. 227, la biela tiene un estribo análogo al de la Fig. 224; en la 228, la biela está forjada en

forma de horquilla, y los broncees asegurados, de un lado por un tornillo, y de otro por una cuña de aproximación.

La manivela es una pieza de hierro forjado ó de acero, montada en el extremo de un eje de un modo absolutamente invariable por medio de una ó más chavetas ó llaves, que penetran en cajeras abiertas, la mitad en el eje y la otra mitad en el ojo de la manivela. La manivela, antes de montarla en el eje, hay que calentarla fuertemente hasta el rojo, para que se dilate y se acuñe en este estado; al enfriarse despues se contrae, y el contacto entre eje y manivela es completo.

Cuando la manivela forma parte constitutiva del eje, se forja con él en una sola pieza, formando un *codo* ó *cigüeña*; entonces se fija el botón ó muñón que ha de abrazar la biela, ya por medio de una chaveta, ya por medio de una tuerca.

El eje ó arbol motor es de hierro forjado ó de acero torneado, y con partes dispuestas á recibir el volante y los diferentes órganos de trasmisión: descansa en sus extremos en dos coginetes fuerte é invariablemente sujetos á la placa de fundación ó cimientos de la máquina.

Estos coginetes son una caja de hierro fundido *a a* con rebordes salientes en su base, para permitir cuatro tornillos que la consoliden fuertemente á la fundación; esta caja lleva un sombrero ó tapa análoga á la de articulación de la biela: como ésta, lleva en el hueco que deja esta caja y tapa dos broncees ó *casquillos* separados por sus cuñas que abrazan el eje; dos tornillos *b b* permiten aproximar estos broncees la cantidad conveniente.

Todos los órganos principales de una máquina de vapor, que son los que acabamos de describir, es necesario que estén colocados y relacionados de una manera invariable y por esta razón es necesario unirlos y consolidarlos fuertemente á obras de fábrica, por medio de tornillos ó pernos de gran longitud y de gran resitencia; pero si cada uno de estos órganos

se fijara aisladamente á estas obras de fábrica, pudiera suceder que se produjera una pequeña alteración en su situación por causa del diverso asiento que estas obras experimentarían, ya por causa de los diversos materiales que entren en su composición, ya por causa de las diferentes presiones y esfuerzos que estas mismas obras experimentan. Por estas razones, es conveniente asentar los principales órganos todos unidos, por intermedio de una *placa de fundación ó mesa*, que no es más que un bastidor ó placa de hierro fundido sobre que descansan el cilindro, los patines y guías y un coginete del árbol motor en las máquinas horizontales, y el cilindro y la distribución en las máquinas verticales. Esta placa de fundación fuertemente consolidada por medio de nervios convenientemente dispuestos, se fija á la obra de fábrica por medio de pasadores oportunamente distribuidos. Su solidez y su rigidez son una garantía importantísima en la conservación constante de la situación y relación respectiva de todos los órganos esenciales de una máquina, y por tanto, de su buena marcha y de su conservación.

Hemos dicho repetidas veces, que todas las superficies que rozan deben lubricarse ó engrasarse convenientemente para que se disminuya el rozamiento ocasionado, y para conseguirlo, se emplean los aparatos llamados *lubrificadores ó engrasadores*.

Estos pueden ser de dos clases; ó que funcionen á mano ó que funcionen automáticamente: los primeros se emplean en el engrasado de superficies que no es conveniente estén en comunicación con la atmósfera, como son el cilindro, la caja de distribución y el condensador: los segundos, se emplean en todos los demás casos, sin que esto quiera decir que no se usen también para el mismo objeto que los anteriores, toda vez que su aplicación puede ser universal.

Un ejemplo de lubricador á mano, es el siguiente: *a* es

una capacidad, Fig. 231, que contiene la materia destinada al engrase y que comunica con el exterior y el interior por medio de dos llaves de paso *b* y *c*; su modo de funcionar, es el siguiente: la sustancia engrasadora se vierte por *d*, después de haber abierto la llave *b*, y cuando se ha llenado por completo la capacidad *a* se cierra la llave *b*; en el momento en que se desee engrasar, se abre la llave *c* y la materia lubricadora pasa en la cantidad que se quiera al cilindro, distribuidor ó condensador por el tubo *e*.

Los lubricadores automáticos consisten en una caja ordinariamente cilíndrica, Fig. 232, cuyo fondo está atravesado por un tubito de pequeño diámetro que se prolonga dentro de la caja hasta una cierta altura: en el fondo de esta caja se coloca una torcida que tiene uno de sus extremos dentro del tubito y que no llega á rebasar la altura de éste. Esta torcida se impregna de la materia lubricante, la cual, por la acción de la capilaridad, se desprende por el extremo inferior gota á gota: esta sustancia es llevada hasta las superficies rozadoras por medio de unas canalitas ó pequeños conductos abiertos en la misma masa de la pieza ú órgano de la máquina. La caja cilíndrica lleva una tapa que entra á encaje ó á rosca, y que preserva del polvo y materias extrañas.

También los hay, que consisten en una botellita cuyo tapón está atravesado por un tornillo de rosca fina que se apoya sobre el cuerpo que se quiera engrasar, y en el que el aceite baja por el tornillo á causa del movimiento vibratorio ó de trepidación que se le comunica, Fig. 233.

En las locomotoras se usa un engrasador, Fig. 234, compuesto de tres grifos *a b c*; por el primero se vierte el aceite, por el segundo pasa á la superficie engrasada y por el tercero penetra el vapor de la caldera, bajo cuya acción se hace el engrase. Si la locomotora marcha sin vapor por la velocidad adquirida, basta abrir la llave *b*, y si marcha por la acción del

vapor, se cierra la a , se abre la c y se regula con b la cantidad de engrase necesaria.

Se usa en los cilindros y cajas de distribución.

Quédanos por considerar entre los accesorios de las máquinas, el modo de unir ó enlazar los tubos que conducen el vapor del generador á la distribución. Estos tubos se enlazan unos á otros por medio de frisas que se colocan entre las arandelas que éstos llevan en sus extremos, y por pernos que las unen, pasando por los agujeros que en ellas hay dispuestos. También pueden enlazarse por medio de juntas hechas con mastic conveniente.

Para facilitar los movimientos de dilatación y contracción que esta columna de tubos ha de sufrir, por la variación de temperatura que sufren cuando pasa la máquina de la acción á la inacción ó vice-versa, se coloca una junta de enchufe ó sea se emplea un tubo que por uno ó por sus dos extremos, termina en una mangueta ó tubo de mayor diámetro y de corta longitud en que penetra el extremo del otro tubo que se quiere enlazar, llenando el hueco sobrante con frisa, estopa ó mastic, que permite el movimiento longitudinal de ambos tubos, sin ocasionar escapes al vapor, Fig. 235.

Cuando estas dilataciones y contracciones puedan adquirir valores notables, se necesitan emplear medios más perfectos, y entonces se coloca en un punto cualquiera de la columna de tubos, otro de mayor diámetro que tiene dos cajas de estopa con sus prensas en sus extremos, que sirven para enlazar á las dos partes de la columna, produciendo juntas impermeables al vapor y que permiten un movimiento libre y desahogado á la columna de tubos. Estas juntas se llaman *juntas elásticas*, Fig. 236.

LECCION LVI

Descripción general de una máquina motriz de vapor, reasumiendo todo lo expuesto.—Clasificación de las máquinas.

Una máquina de vapor es un aparato en el que se utiliza la fuerza elástica que posee el vapor engendrado en una caldera para vencer una resistencia que hasta ahora suponemos es hacer girar al árbol del volante.

Ya hemos dicho en la lección XXI, que los diferentes órganos de que consta toda máquina deben estar dispuestos de tal modo, que la alteración en la situación y movimiento de uno cualquiera de ellos, ha de producir necesariamente una modificación correspondiente en la situación y movimiento de todos los demás, puesto que cada uno de ellos está íntimamente ligado y relacionado con el anterior y el siguiente: así como dijimos también, que de la buena elección de todos estos órganos y de su acertada disposición, depende el que la máquina produzca el máximum de trabajo útil.

Estudiados ya los diferentes órganos de que se compone una máquina de vapor, nos queda por decir tan sólo la mane-

ra con que todos ellos se relacionan ó se disponen para conseguir, no sólo vencer la resistencia propuesta, sino conseguirlo de la manera más fácil y más provechosa.

Ya hemos indicado, aunque indirectamente, las diferentes clases de máquinas de vapor que existen, y cuya clasificación, respecto al modo de obrar del vapor en el cilindro da las dos divisiones de máquinas de simple y de doble efecto, según que la fuerza elástica del vapor se desarrolle sobre una ó sobre las dos caras del pistón; según que el vapor que ya ha efectuado su trabajo escape á la atmósfera ó al condensador, las máquinas serán sin condensación ó con condensación: si el vapor es admitido en el cilindro durante toda su corrida, la máquina será sin expansión, y si sólo se admite durante una fracción de aquella, entonces será con expansión, sea fija, sea variable por la mano ó por el regulador: y por último, si la presión ó fuerza elástica del vapor es de una atmósfera ó algo más, llega hasta cuatro ó cinco atmósferas, ó alcanza hasta 8 ó 10 atmósferas, las máquinas se denominan de baja, media ó alta presión.

La clase de movimiento que ejecutan las máquinas, las divide en máquinas de movimiento alternativo y en máquinas de movimiento continuo ó *de rotación*.

Las diferentes combinaciones que con todos los conceptos expresados pueden formarse, nos darán la máquina de vapor elegida, teniendo presente que con las máquinas de baja presión no hay más remedio que emplear el condensador, porque de otro modo no se conseguiría evacuar el vapor del cilindro y que la expansión no puede emplearse, ó si acaso, en una parte muy pequeña, por causa de su pequeña fuerza elástica: en las de media y alta presión puede ya emplearse, ó no, á voluntad, la condensación y la expansión, ésta en grado mayor ó menor, según se desee.

Con sólo lo expuesto vemos que las máquinas de media y

alta presión son preferibles á las de baja presión, porque en aquellas puede utilizarse mejor toda la fuerza elástica del vapor; pero nos queda por demostrar ahora que las de alta presión son todavía más ventajosas que las de media, por la economía de vapor, y por tanto de combustible, que ocasionan.

En efecto, si calculamos por medio de las fórmulas necesarias la cantidad de calor gastada para elevar la tensión del vapor á 2, 3, 4, 5... atmósferas, y el trabajo que éste produce por caloría, veremos que:

Tensión.	Calor gastado.	Trabajo por 1 kg. vapor.	Trabajo por caloría.
2	639	18408	28,8 kg. ^m
3	643	19034	29,6
4	646	19503	30,2
5	648	19885	30,7
6	650	20199	31,1

lo que nos dice que á medida que aumenta la tensión aumenta el trabajo producido por caloría, y por consiguiente, disminuye el consumo de vapor para la ejecución de un trabajo igual.

Es evidente que esta menor cantidad de vapor necesaria facilita considerablemente la reducción de dimensiones en el cilindro, y por tanto su volumen, su peso y su costo. Por otra parte, la gran presión inicial que posee el vapor, permite reducir el período de admisión en el cilindro á una fracción muy

pequeña de su corrida y utilizar, como es consiguiente, todas las ventajas de una gran expansión.

Respecto á la posición que ocupa el eje del cilindro, se dividen las máquinas en horizontales ó verticales, según que aquél sea horizontal ó vertical, y como en unas hay diferentes órganos que en las otras, describiremos un ejemplo de cada una de ellas.

Para ambas la disposición del generador del vapor es la misma y su colocación análoga, pues la única condición que ha de llenar es la de no estar situado demasiado lejos del cilindro, con objeto de evitar la condensación del vapor dentro del tubo que le conduce. Cuando es de temer esta condensación, se forran estos tubos con cualquier sustancia, como el fieltro, la paja, etc., que sea mala conductriz del calor.

Si la máquina es horizontal, de uno ó dos cilindros, con expansión y condensación, el pistón ó los pistones motores se articulan por medio de sus vástagos con la biela correspondiente, la cual articula por el otro extremo con el botón de la manivela ó cigüeñal, montado sobre el eje ó arbol principal. En este mismo eje se montan las excéntricas necesarias al movimiento de la distribución y de la bomba de alimentación, así como la trasmisión de movimiento necesaria á la marcha del regulador, que á su vez se relaciona con los aparatos de expansión ó con la válvula de cuello ó de admisión. El volante va también montado en este mismo arbol, porque es donde más conviene obtener un movimiento uniforme, toda vez que de su marcha depende la de todos los órganos anteriores.

El condensador se puede colocar más ó menos distante del cilindro, en el sitio que se crea más conveniente; pero nunca muy lejos, porque entonces se disminuye su buen efecto: muy comunmente se coloca sobre la misma placa de fundación de la máquina, detrás del cilindro, siendo movida su bomba de aire

por un vástago que el pistón motor lleva en la cara opuesta á la en que se implanta el vástago motor.

La válvula de admisión y la palanca de la corredera del cambio de marcha, deben estar al fácil alcance del maquinista para que pueda dominar completamente la máquina, así como los grifos de purga, engrasadores, etc., para su perfecto entretenimiento.

De este modo, el movimiento rectilíneo comunicado por el vapor al pistón, lo traslada éste á la biela, que lo transforma en circular continuo por medio de la manivela, ocasionando así el movimiento del arbol principal; con éste son movidas todas las excéntricas y el regulador y por tanto, se pone en marcha la distribución y la regularización del movimiento, á la cual contribuye poderosamente el volante. La bomba de alimentación de la caldera se pone en función en los momentos convenientes, y el condensador sigue la marcha que le determina el pistón motor en unos casos, y arbol del volante en otros.

Si la máquina es vertical, puede ser de movimiento indirecto ó directo, es decir, con balancín ó sin balancín: en el primer caso, el vástago ó vástagos del pistón motor se articulan al extremo de un balancín, por intermedio de un paralelogramo de Watt; el otro extremo del balancín lleva articulada la biela, que unida á la manivela, cambian el movimiento recibido circular alternativo en circular continuo. En diferentes puntos de este balancín se colocan las varillas que mueven la distribución, la condensación, la alimentación y la catarata.

En el segundo caso, ó sea en las máquinas de *movimiento directo*, puede estar directamente ó como de ordinario el cilindro, ó puede estar invertido; en los dos casos trasmite el movimiento al arbol horizontal, por medio de una biela y una manivela, como en las máquinas horizontales. Tiene la ventaja sobre las de balancín, de que son más baratas de compra y de instalación, y de que exigen menos espacio para ser colo-

cadras. Tienen en cambio la desventaja de no producir una uniformidad de movimiento como las que con aquellas se consigue, y por esta razón sólo se usan en los casos en que se necesitan máquinas de poca fuerza.

Si el pistón del cilindro de vapor opera directamente el trabajo que ha de efectuar la máquina, como sucede cuando el vástago se une á un tirante maestro de bombas ó á un martillo pilón, la máquina se denomina entonces de *acción* ó de *tracción* directa.

Por último; respecto á la mayor ó menor facilidad que ofrecen las máquinas para ser trasladadas de un sitio á otro, se dividen en fijas, semi-fijas y locomóviles; son fijas aquellas que para su instalación exigen obras de fábrica de más ó menos importancia, que tienen separado el generador del cuerpo de la máquina, y que no pueden ser trasportadas de un punto á otro si no se desmontan y separan cada uno de sus órganos para ser trasladados aisladamente: son locomóviles aquellas máquinas cuyo generador y cuerpo de máquina están montados sobre un carro con ruedas que les permite sean llevadas fácilmente de un lugar á otro, y se llaman portátiles ó semi-fijas á las que estando dispuestas de un modo parecido á las locomóviles, formando un conjunto caldera y máquina, no están montadas sobre carro alguno, sino sobre placas, bastidores, soportes ó cajas, que se pueden levantar fácilmente del sitio en que se instalan, porque no exigen obras de fábrica para su asiento y ser trasportadas con facilidad á otro punto cualquiera.

Estas máquinas semi-fijas pueden tener todos sus órganos de movimiento montados sobre la misma caldera, ó separados de ella, aunque á su lado ó muy contiguos. La primer disposición tiene el inconveniente: primero, de no ofrecer una base de asiento bastante inmovil, toda vez que las dilataciones y contracciones sucesivas de la caldera han de alterar forzosamen-

te, aunque en cantidades muy pequeñas, las distancias relativas de aquellos órganos: segundo, de que la caldera padece mucho en sus remaches por el movimiento que necesariamente comunican á sus planchas los órganos que se mueven; y tercero, que las materias lubricantes sufren elevadas temperaturas, evaporándose ó quemándose con prontitud, sin producir su resultado, á no ser que se repongan incesantemente, ocasionando la carestía consiguiente.

Las locomóviles y semi-fijas se pueden facilmente cambiar de unas en otras con sólo añadirles ó quitarles el carro portador, y unas y otras tienen la ventaja de poder ser puestas en acción en un tiempo relativamente corto. Sus mecanismos no son más que los correspondientes á máquinas horizontales ó verticales, simplificados en todo cuanto lo permita el trabajo que hayan de ejecutar.

Por último; cuando las máquinas no se consideran como aparatos motores, sino como aparatos destinados á la ejecución de trabajos determinados, toman los nombres que corresponden al papel que desempeñan; así se llaman de extracción, de desagüe, de ventilación, de aserrar, locomotoras, etc , etc., y en general se llaman *máquinas aplicadas*.

LECCION LVII.

Instalación de una máquiná de vapor.

Elegido el sitio en que se ha de emplazar una máquiua fija de vapor dada, se comienza por instalar la caldera en su correspondiente lugar, determinado tanto por el plano de conjunto como por los de detalle, que marcan al montador las posiciones respectivas de cada uno de los órganos y aparatos, así como la clase de obra de fábrica que para cada uno de ellos hay que construir. Por si estos planos de detalle no existieran, conviene al montador conocer determinadas reglas generales que se siguen en todos los casos.

Si la caldera es de uno ó más hervidores, se puede construir el hogar debajo de la caldera ó debajo de los hervidores: en el primer caso, Fig. 237, la caldera se calienta directamente por su parte inferior, y los hervidores se caldean por un canal ó conducto de gases que pasa á todo lo largo del hervidor, por la parte superior, los lleva por la delantera del horno á la chimenea, ó continúa por debajo del hervidor para darles mayor recorrido antes de darles salida á la chimenea. Si el hogar se coloca debajo del hervidor, Fig. 238, entonces la llama y gases bañan al hervidor directamente y suben á calentar la



caldera, recorriéndola á todo lo largo en sentido de vaiven, merced á un tabique ó muro divisorio que se eleva desde el trasdos de la bóveda de los hervidores hasta la misma caldera.

El material que se ha de emplear en estas construcciones ha de ser refractario en todas aquellas superficies que están expuestas á la acción del fuego, y aun el ordinario ha de ser de calidad superior, así como muy esmerada su colocación en obra, porque la alta temperatura que ha de sufrir esta obra cuando la caldera esté en función (por una parte) y las grandes dilataciones y contracciones que estas mismas diferencias de temperatura han de ocasionar, son motivos más que justificativos de una buena elección en aquellos y de un esmero singular en la ejecución de ésta.

Cuando el macizo de caldera ó calderas se encuentra completamente aislado de todo muro ú obra que le sirva de apoyo ó resguardo, ó bien cuando está sometido á corrientes frecuentes de aire fresco exterior, ó ya porque son de temer por cualquier otra causa los agrietamientos de este macizo, se le afirma ó consolida con fuertes barras de hierro, constituyendo lo que se denomina un *engatillado*, cuya forma y disposición puede variar á gusto del constructor, Fig. 239.

Cuando la caldera es de hogar interior, se coloca á la salida de la caja de humos un prisma triangular de ladrillo, que divide en dos la corriente gaseosa, la cual vuelve hácia la delantera recorriendo dos conductos laterales abovedados, de mampostería en tres de sus caras formando la cuarta una chapa de la caldera, cuyos conductos se reúnen cerca del hogar, por medio de dos tragantes inclinados, en uno sólo que, recorriendo toda la parte inferior de la caldera, la lleva á la chimenea, Fig. 240.

Tanto estas calderas como las anteriores, descansan en la mampostería, bien por medio de unas aletas ó brazos salientes roblonados á la chapa de la caldera, bien directamente por su

aplicación sobre los muros de mampostería que forman los canales laterales é inferior, bien descansando sobre pilaretes de mampostería colocados en su parte inferior, ó sobre piés de hierro fundido de la forma que expresa la Fig. 241.

Estas obras de mampostería hay que dejarlas secar primeramente y después caldearlas lentamente antes de ponerlas en fuego activo, porque de otro modo se agrietarían y deformarían por la rápida salida del agua que entra en su construcción y por la desigual dilatación de los diferentes elementos de que constan.

Las calderas inexplosibles sólo exigen una cubierta protectora de mampostería, que se fabrica acoplándose á la forma y disposición de cada una de ellas en particular.

Las tubulares y las verticales no exigen cubierta exterior, y si acaso se dispone alguna, se reduce á una envolvente ó funda, que impida la radiación del calor.

Señalado con arreglo al plano el emplazamiento de la máquina, se construyen los cimientos en la forma que el mismo indica, empleando la mampostería ordinaria, la de ladrillo ó sillería, según la importancia de la máquina que se instala. De todos modos, se ha de conseguir indefectiblemente que los cimientos descansen en terreno sólido incompresible á el peso que han de sufrir, tanto de la obra de fábrica como de la máquina.

Ordinariamente se corona esta obra con piedra de sillería dispuesta en grandes bloques (preferible á todo un sólo bloque, si las dimensiones lo permiten), en los que se perforan, así como en aquella, los agujeros ó taladros necesarios para el paso de los pernos de sujeción de la placa de asiento.

Estos pernos pueden quedar libres ó sujetos invariablemente á la fábrica; en el primer caso, Fig. 242, terminan en su parte inferior en un ojo, por el que pasa una chaveta que sirve para sujetar una placa cuadrada de fundición que se aplica so-

bre la cara superior de una cavidad (en algunas partes llamada *mechinal*) que se deja en la mampostería ó sillería, y en su extremo superior en un trozo de tornillo, al que se arrosca una tuerca. En el segundo caso, el perno es análogo al anterior, pero el hueco que deja en el taladro porque pasa, se rellena con azufre ó plomo fundido mezclado con limaduras de hierro, ó con cemento.

Antes de montar la máquina sobre la obra construida, debe dejarse pasar algún tiempo para que se seque y para que se verifique el asiento natural de la misma. También hay que tener cuidado de ligar con obras de fábrica todas las partes de la máquina, aunque sus asientos, coginetes, etc., no descansen sobre la misma placa, porque si así no se hace, se producirán al cabo de más ó menos tiempo asientos distintos en las partes de obra aisladas, y por lo tanto, alteración y desnivelación en los órganos de la máquina.

Tanto el generador como la máquina, hay necesidad de cubrirlos con un edificio que los preserve de la lluvia, del frío y del polvo; y á este fin, se dispone éste de modo que sus cimientos sean completamente independientes de los de la máquina, á fin de que la alteración en las condiciones de uno de ellos no influya en el otro; que el espacio cerrado esté perfectamente ventilado, sin que se produzcan corrientes de aire frío que produzcan condensación en el vapor ó temor á rotura en algún órgano, y que esté perfectamente iluminado, para que la falta de luz no sea causa de que el maquinista deje de apreciar á la vista, y desde su puesto, los más pequeños detalles de la máquina que gobierna.

Por último, se evitará todo peligro de caída ó de ser alcanzado por la máquina, construyendo barandillas, pasamanos, etc., en todos los puntos que ofrezcan riesgo al maquinista ó al visitante.

Dispuestas ya y terminadas las obras de fábrica interior-

res y exteriores, debe el maquinista montador pasar revista á los instrumentos de que se ha de valer para colocar, rectificar y verificar cada uno de los órganos que componen la máquina.

Estos útiles ó instrumentos son barras, palancas, rodillos, cuerdas, polipastos, crics, plomadas, reglas, instrumentos de medida de distancias, nivél, compases y escuadras.

De los cinco primeros, no tenemos que ocuparnos, porque ya conocemos su aplicación por virtud del estudio que de cada uno de ellos tenemos hecho en lecciones anteriores: pasemos, pues, á describir los restantes.

La plomada consiste en un hilo finamente torcido, Fig. 243, y perfectamente calibrado, es decir, de igual grueso en toda su longitud, que lleva en uno de sus extremos un peso: este peso, que es de hierro ó latón, se compone de un cilindro de poca altura que tiene unido á rosca á una de sus bases un cono, y á la otra un tornillo en forma de virola que está perforado por su centro, para dar paso al hilo de que se suspende este peso. Abandonado éste á si mismo, despues de sujeto el hilo por su extremo libre, toma éste la dirección vertical, según sabemos, y la recta *a b* será vertical. Con objeto de que no se deteriore ó estropée el vértice del cono, cuando no se usa se destornilla del cilindro y se vuelve á atornillar invirtiéndole y alojándole en una cavidad que al efecto tiene dispuesto el cilindro en su interior.

Las reglas que se usan son de madera, hierro y acero; tanto unas como otras, han de tener sus bordes ó aristas perfectamente rectas, cuya condición se comprueba aplicándolas sobre una superficie perfectamente plana, y viendo si ajusta á ella en todos sus puntos.

Los instrumentos de medida de distancias, son los metros de bolsillo, á propósito para maquinistas, que tienen toda su longitud dividida en milímetros; los metros comunes, sean ó

no de bolsillo, las reglas anteriores, divididas convenientemente, y el *compás de barra ó de corredera, de puntas*. Este consiste en una regla prismática dividida en milímetros, que termina en uno de sus extremos con una punta *a*, Fig. 244; sobre esta barra corre otra punta *b* que lleva un nónius para apreciar diez milímetros, que se fija en el punto deseado por medio de un tornillo de presión *c*. Cuando este compás tiene corta la barra, se llama entonces *calibrador de gruesos*.

El nivel se emplea para determinar la horizontalidad de una línea: puede emplearse el nivel de albañil y el nivel de aire. El primero, Fig. 245, consiste en dos reglas de madera unidas en ángulo recto y de igual longitud: á distancias iguales, contadas desde el vértice de este ángulo, sobre estas reglas se coloca una tercera regla, que forma la hipotenusa de un triángulo rectángulo isósceles, en cuya mitad se marca un trazo. Si en el vértice del ángulo recto se coloca una plomada, esta tercer regla *a b* será horizontal si el hilo de aquella pasa por el trazo marcado, y por consiguiente, su paralela *c d*. Para comprobar la buena construcción de este nivel, basta colocarlo sobre una línea *c d*, en la posición indicada por la figura, y marcar provisionalmente en la regla *a b* la posición de la plomada; se le invierte en seguida pasando el extremo *c* al *d* y el *d* al *c*, como es consiguiente; y si la nueva posición de la plomada sobre la regla *a b* no es la misma que la que antes se marcó, se traza otra marca y se divide por mitad la distancia que las separa, siendo esta nueva marca la definitiva línea de fé, cuya coincidencia con la plomada determina la horizontalidad que se busca.

El nivel de aire, Fig. 246, consiste en un tubo cilíndrico de cristal que tiene hácia la mitad de su longitud un casquete esférico de gran radio, lleno casi completamente de alcohol, á excepción de un pequeño espacio que encierra una burbuja de

aire: éste, como más ligero que el alcohol, ocupa siempre la parte más alta.

Este cilindro de cristal está encerrado dentro de un tubo protector de latón que deja descucierta la parte superior para que sea visible la burbuja, y que va unido á una regla ó planchita también de latón, paralela á aquél. La verificación de este nivel es análoga á la del anterior; basta observarlo en dos posiciones simétricas, una de ellas invertida respecto á la anterior, y ver si la burbuja queda invariable en el centro: si no sucede así, se corrije la falta de paralelismo entre el nivel y la planchita, subiendo ó bajando lo necesario uno de los extremos del nivel, por medio del tornillo que lleva con este fin, ó bien se cuentan las divisiones que acusan el desvío de la burbuja, y la mitad de este número marcará el trazo á que debe llegar la burbuja para que la planchita esté horizontal, si es que el nivel no tiene medios de corrección.

El compás ordinario de charnela, ya lo hemos descrito en la Lección III. Hay otro compás para medir líneas rectas, que consiste en un fleje de acero, Fig. 247, encorvado en la forma necesaria, cuyas piernas están sujetas por un tornillo y una tuerca, para evitar la acción extensiva de este fleje ó muelle.

El compás de gruesos y de huecos es el que designa la Fig. 248; los primeros se miden por la parte *a*; los segundos por la parte *b*; este compás está construido de modo que la abertura de compás ó medida tomada por uno de los lados es idéntica á la tomada por el otro.

También se usan compases ordinarios de charnela que tienen las puntas de una ó de sus dos piernas dobladas hácia fuera, Fig. 249.

Las escuadras son las ordinarias, fabricadas con hierro, acero, latón ó metal blanco; la escuadra *para centrar*, Fig. 250, es una escuadra ordinaria, *ABC*, á la que se fija soldada una plancha *ABD*, cortada de modo que su borde *BD* sea la bi-

sectriz del ángulo recto: se usa para determinar el centro de un eje, colocándola en dos posiciones cualesquiera sobre el eje y determinando el punto de intersección de las dos líneas $B D$, trazadas como indica la figura.

LECCION LVIII.

Montaje de una máquina.

Preparadas ya convenientemente las obras de fábrica necesarias para recibir los diferentes órganos de una máquina, se empieza por colocar en su sitio la placa de fundación, que se sujeta á esta obra por medio de los pasadores ya indicados; antes de apretar definitivamente las tuercas de estos, se ha de comprobar la perfecta horizontalidad de esta placa, por medio del nivel de aire, y una vez conseguida, se aprietan fuertemente y por igual todas las tuercas, con el fin de que la placa quede tan íntimamente ligada á la obra de fábrica, que no le sea posible sufrir movimiento alguno sin transmitirlo á ésta.

Colocada ya la placa de asiento, se procede á montar el cilindro: pero como las operaciones que hay que hacer son distintas, según que sea éste horizontal ó vertical, consideraremos por separado cada uno de los dos casos.

Primer caso.—Cilindro horizontal.—Presentado el cilindro en su lugar correspondiente, así como las guías, se coloca en estas la cruceta y los patines, y se pasa un hilo bramante, fino y bien torcido, por el agujero ó taladro de esta y por el

cilindro, cuyo hilo se ata por sus dos extremos á dos puntos fijos cualesquiera.

Se sitúa este hilo de modo que sea exactamente el eje del cilindro, á cuyo fin se mueve éste convenientemente y se miden con toda escrupulosidad diferentes radios del cilindro en sus dos bases: para lograr esto con más prontitud, se colocan en el cilindro dos tapas de cartón fino, en las que se ha determinado el centro abriendo un agujero de diámetro poco mayor que el del hilo.

Se horizontala este hilo, y en esta situación ha de pasar exactamente por el centro del agujero de la cruceta; se mueve ésta á todo lo largo de las guías, y si en este movimiento sigue siendo el hilo el eje de este agujero, las guías están bien; pero si no lo fuese, se moverán éstas en el sentido conveniente para que se consiga esta circunstancia. Una vez logrado esto, se fija definitivamente la posición del cilindro y de las guías.

Segundo caso.—Cilindro vertical.—Las máquinas de cilindro vertical pueden ser con balancín ó sin balancín, ó sean de movimiento indirecto ó directo, y por tanto, examinaremos los dos casos.

A. Cilindro vertical con balancín.—Esta comprobación exige que después de colocado el cilindro en su sitio y de haber hecho pasar una plomada por su eje vertical, de un modo análogo al dicho antes, con lo que adquiriremos la convicción de que éste es vertical, se monte el balancín en su lugar, se arme el paralelógramo, se fije á él la cruceta y se compruebe previamente que el balancín se mueve en un plano vertical; esta verificación preliminar se hace colgando de un punto cualquiera, que no sea de la máquina, una plomada que pase casi rozando ó á muy poca distancia de cualquiera de las dos caras verticales del balancín, se mueve éste á brazo, colocándolo en una posición extrema y midiendo la distancia que le separa del hilo de la plomada, se continúa moviendo en senti-

do contrario hasta situarlo en la posición extrema simétrica, y en este caso, la distancia que le separe de la plomada será exactamente la misma que antes, si el plano en que se mueve el balancín es vertical.

Cumplido este requisito, es preciso que la plomada que pasa por el eje vertical del cilindro, pase también por el centro del agujero de la cruceta, y que ésta, en todo el movimiento del balancín, se mueva rectilíneamente, conservando por eje á la plomada.

Si después de practicadas todas las correcciones necesarias para lograrlo, no se consiguiera, puede consistir el defecto en que el agujero de la cruceta esté mal construido, de lo cual nos aseguraremos por el medio siguiente:

Esta cruceta se reconoce examinando si los ejes de sus dos taladros están en un mismo plano y si son perpendiculares. Para ver lo primero se colocan las tapas de estos agujeros, hechas con cartón fino, en las que se han marcado con toda exactitud los centros. Se coloca la cruceta sobre un plano perfecto, haciéndola descansar primero por una de sus caras y luego por la opuesta, se miden las distancias de los centros al tablero, y si son iguales los ejes, estarán en un plano paralelo á las guías. Para lo segundo, se colocan el vástago del pistón y el pasador de la biela en la cruceta, se llevan al tablero, se alinean dos hilos paralelos á los ejes del vástago y pasador, y se comprueba la perpendicularidad de estos hilos.

También puede depender este defecto en que los ejes y botones del balancín no estén á nivel, en que los agujeros de los botones del paralelógramo en el balancín no estén perforados paralelamente al eje de oscilación de éste, ó en que las bielas ó brazos correspondientes del paralelógramo no sean de igual longitud. La primer circunstancia se comprueba colocando una regla *a*, Fig. 251, sobre el botón *b*, que se examina de modo que sea paralela al eje del balancín *c*, lo que se consigue

por medio de un compás de una punta doblada d , tomando dos distancias iguales, á partir de cada uno de los centros de los extremos del eje del balancín; se coloca el nivel de aire e encima, y es evidente que si la regla está á nivel, también lo estarán el botón y el eje. La segunda y tercera comprobación se harán por medio del compás de barra ó de corredera, doblando hácia fuera una de sus puntas, si fuese necesario a , Fig. 252.

B. Cilindro vertical sin balancín.—Se montan verticalmente el cilindro y las guías y se coloca la cruceta, siendo la comprobación exactamente la misma que cuando era horizontal el cilindro, viendo si la cruceta en su movimiento conserva como eje á la plomada que pasa por el eje del cilindro.

Conseguida ya la colocación definitiva del cilindro y su movimiento rectilíneo, se procede á montar el arbol principal de la máquina, á cuyo fin se presenta sobre sus coginetes en el sitio determinado por los planos. Este arbol ha de llenar las condiciones de ser horizontal y de ser perpendicular al eje del cilindro en todas las máquinas, y además de ser paralelo al eje de oscilación del balancín en las de este sistema.

Para asegurarnos que el arbol es horizontal, empezaremos por medir diversos diámetros de él, y si encontramos un trozo en que estos sean iguales, es decir, en que el arbol es cilíndrico, le aplicaremos una regla, y el nivel de aire nos lo dirá. Si el arbol no es cilíndrico, colocaremos en uno de sus extremos una regla larga ó escuadra, á la que aproximaremos una plomada, mediremos la distancia que separa una de otra, en un punto cualquiera de ellas, haremos girar al arbol hasta que la regla y el punto señalado ocupen la posición simétrica inversa, y si la distancia de separación es igual, la regla será vertical y el eje, por tanto, horizontal. Si el eje tuviera montado ya el volante, haremos con él esta comprobación como

se ha hecho ahora, y como se hizo con el balancín, para asegurarse que éste se mueve en un plano vertical.

Para comprobar la perpendicularidad entre el eje del cilindro y el árbol, se procede del modo siguiente en las tráquinatas horizontales. Se coloca de nuevo el hilo que marca el eje del cilindro y que pasa por la cruceta, se monta la manivela sobre el árbol, se coloca horizontal, y se mide la distancia del hilo á la extremidad de la manivela; se da media vuelta al árbol, con lo que la manivela pasa á su posición simétrica, quedando también horizontal, y la distancia que separe su extremo del hilo será la misma de antes, si eje é hilo están á escuadra; si no sucediera así, se mueven los coginetes lo que sea necesario.

Si la máquina es vertical sin balancín, se restablece del mismo modo el eje del cilindro y de la cruceta, y se procede del mismo modo que antes, midiendo las distancias á él de dos posiciones extremas de la manivela: también puede hacerse aplicando una regla metálica bien calibrada sobre una de las guías, Fig. 253, desde esta regla se dejan caer dos plomadas cuyas distancias al árbol deben ser las mismas en caso de perpendicularidad; esto exige que el árbol sea cilíndrico; pero si no lo fuera, se tiene en cuenta al apreciar estas distancias la desigualdad de los diámetros.

Si la máquina vertical es de balancín, hay que comprobar primeramente el paralelismo entre el árbol motor y el eje de giro del balancín. Se verifica esto haciendo pasar por los centros de este eje de giro dos plomadas; en contacto con ellas, y á la misma altura del árbol, se coloca una regla horizontal que será paralela al árbol si las distancias en sus extremos al árbol son iguales; también se puede hacer esta averiguación fijando en uno de los extremos del eje del balancín una regla larga bien aplomada; se mueve el balancín haciéndole ocupar sus dos posiciones extremas, superior é inferior, y se hacen

pasar dos plomadas por los puntos marcados por los extremos de la regla; en seguida se ajusta á estas plomadas un hilo horizontal á la altura del arbol, que se prolonga más allá de éste, se coloca la manivela, y como ya hemos dicho, se miden las distancias de su extremo en dos posiciones simétricas horizontales á este hilo: la igualdad de estas medidas revela el paralelismo del arbol y del eje.

Ahora bien; si el balancin se mueve en un plano vertical perpendicular á su eje de oscilación, comprobación que ya hemos hecho antes, es claro que este balancin será normal también á su paralelo el arbol principal, y como el plano de movimiento del balancin contiene al eje del cilindro, según hemos comprobado también, el eje del cilindro y el arbol serán perpendiculares.

Montados ya en definitiva estos órganos, se procede á la colocación de todos los demás, según vaya indicando el plano á que se sujeta el montador, ó según determina la forma y disposición de cada uno de ellos, si se careciese de aquella guía.

Se empieza por armar el pistón y por colocarle el vástago, para lo cual se emplearán los medios que su sistema de construcción exija, y se introducirá en el cilindro, cuyas tapas se colocarán después de haber enlazado el vástago con la cruzeta.

Antes de colocar la biela, hay que asegurarse que el botón de la manivela es paralelo al arbol; esta verificación se obtiene haciendo pasar un hilo muy fino por el eje del agujero de la manivela y viendo si es paralelo ó no al arbol, operación que es delicada, exigiendo instrumentos finos y muchas repeticiones, porque es tan corto el eje de este agujero, que de no haber exacta coincidencia entre él y el hilo, se observarían diferencias muy grandes al apreciar las distancias de éste al arbol.

Si se nota error y no se puede corregir con el acuñado de la manivela, no hay más que descentrar el botón hácia el lado conveniente. Si el botón termina en una superficie plana, se puede hacer esta comprobación aplicando una regla á esta superficie plana, Fig. 254; se fija esta regla y se da media vuelta á la manivela, con lo que se verá claramente si éste es ó no paralelo al eje de giro.

Obtenido el paralelismo del botón de la manivela con el arbol motor, se coloca la biela, conectando su pié con la cruceta, y la cabeza con el botón de la manivela, como ya sabemos.

Se procede á colocar la distribución, según el sistema que la forme. Si la máquina no tiene expansión y la distribución se hace por corredera de concha, con recubrimientos, se coloca el excéntrico en la posición correspondiente al final de la corrida, y se arregla la longitud de su vástago ó varilla, por medio de las tuercas de aproximación de que ésta está provista, de modo que quede descubierta por completo la luz correspondiente: se da media vuelta al excéntrico sobre el arbol, y la corredera, arrastrada en este movimiento, presentará descubierta la otra lumbrera; si no sucediera así, habría que aumentar su corrida, y si se excediera en el descubrimiento de la luz, habría que acortarla, alargando ó acortando la longitud de la varilla. Conseguido ya esto, se coloca el pistón en un extremo de su carrera, y se mueve al excéntrico, hasta que la luz correspondiente esté descubierta en la cantidad necesaria al *avance á la admisión*; se acuña provisionalmente el excéntrico, y se hace girar el arbol principal media vuelta, con lo que, el pistón y el excéntrico, ocuparán las posiciones extremas simétricas: si la corredera no ocupase esta posición simétrica, se corrije la mitad de la diferencia con las tuercas, y así se sigue tanteando, hasta lograr la completa analogía de posicio-

nes, en cuyo caso, se acuña definitivamente el excéntrico y se pone la tapa de la caja.

Cuando la máquina trabaja con expansión y ésta se consigue por medio de la segunda corredera, se procede del modo siguiente: se coloca la corredera de distribución, como ya hemos dicho en la plena presión, y la de expansión se sitúa en medio de la anterior, uniéndola á su excéntrico, que se colocó en posición semejante al de la otra, por medio de su varilla y tuercas de aproximación. Se mueve en seguida este excéntrico dándole el avance correspondiente al grado de expansión fijado; se acuña provisionalmente, y se dan á brazo varias vueltas á la máquina, para observar si esta corredera de expansión tiene simétricos sus movimientos, descubriendo ó interceptando iguales cantidades en las luces de la corredera de distribución; si no sucede esto, se corrije por medio de sus tuercas la mitad de la diferencia, y por el excéntrico si es necesario, y se sigue tanteando hasta lograrlo, en cuyo caso, se acuña definitivamente:

Si la expansión es del sistema Mayer, se fija la corredera de distribución y la longitud de la varilla de expansión, como acabamos de decir, y en seguida se da el avance determinado á la expansión.

En el sistema Farcot se arregla la corredera de distribución como hemos dicho en la plena presión, y la expansión se determina por el calado de los tornillos ó topes, que limitan la corrida de las placas de expansión, y por la pieza central curvilínea que se relaciona con el regulador, sin perjuicio de ser movida á mano, como ya hemos dicho, al describir este aparato.

Cuando las máquinas tienen que marchar en los dos sentidos, sabemos que llevan entonces dos excéntricos acoplados, formando un ángulo de 180° menos el doble del avance angular, y que ambos están enlazados por medio de la corredera

de Stephenson, Gooch, etc., con las que no sólo se consigue el cambio de marcha, si que también variar el grado de la expansión.

Para lograrlo en la de Stephenson se acuñan provisionalmente ambos excéntricos, de modo que estando la corredera en su punto muerto, queden las dos luces completamente tapadas, y se hace marchar ó avanzar la corredera á uno de sus extremos, á fin de que un excéntrico obre sobre la corredera de la distribución; se arregla ésta como sabemos, y se regula la expansión al grado deseado; se mueve la corredera después en sentido contrario, para que actúe el otro excéntrico, y se arregla éste, de modo que la corredera ocupe posiciones simétricas á las anteriores.

Véase lo que más adelante decimos sobre este asunto en la Lección correspondiente al Mecanismo de una locomotora.

Si es la de Gooch, basta arreglar le longitud del tirante de la corredera, después de haber dado á las exéntricas el avance preciso.

En la de Walschaerts, no hay más que tener cuidado de que al estar en el punto muerto estén cubiertas las luces.

En la corredera de Walschaerts no hay más que acuñar el excéntrico sin avance alguno, de modo que cuando se encuentre en el punto muerto, las luces estén cerradas: el avance y expansión, lo dan las mismas longitudes de las palancas.

Si la distribución y expansión se verifica por válvulas, nada concreto puede decirse respecto á su montaje, porque esto depende del sistema especial de construcción de la máquina, y en cada caso particular hay que seguir las prescripciones que el sistema exija.

Del mismo modo, nada podemos decir respecto á la colocación del regulador, condensador, aparato de alimentación, etc., porque cada sistema exige preceptos y cuidados diferentes, y

sólo puede decirse respecto á ellos, que se han de observar las reglas generales de colocación sólida, fuerte é inextensible, y conocer perfectamente los principios en que descansa su construcción especial, para no desvirtuarla con defectos de montaje que pueden pasar desapercibidos para quien desconozca el caso especial de que se trata.

LECCION LIX.

Montaje de máquinas semifijas y locomóviles.—Detalles de montaje.—Fabricación de mastics y engrases.

Sabemos que las máquinas semifijas van ordinariamente montadas sobre un zócalo resistente de fundición ó de palastro que sustituye á la placa de asiento de las máquinas fijas, con más extensión que ésta todavía, puesto que todos, absolutamente todos los órganos de la máquina descansan sobre ella, sin necesidad de obras de fábrica de ninguna especie. Basta que este zócalo descansa sobre un terreno suficientemente resistente á la compresión que el peso de ella ha de originar, para que estén ya llenos todos los requisitos exigidos á la cimentación. Este zócalo no se fija al terreno, sino que el mismo peso de la caldera y de la máquina, aumentado con el peso del agua de alimentación, que en algunas de ellas se deposita en él, utilizándole como algibe ó cisterna, es más que suficiente para conseguir la inalterabilidad absoluta y relativa: todo lo más que algunas exigen, es la fijación de este zócalo por algunos pasadores análogos á los que aseguran la placa de asiento de las máquinas fijas.

En el montaje de estas máquinas, ya sean horizontales, ya sean verticales, se han de seguir los mismos cuidados expresados en el caso de las máquinas fijas, suprimiendo todos aquellos trabajos que no existen en estas máquinas por su diferente modo de ser, como son todos los concernientes á las obras de fábrica correspondientes á la caldera y la chimenea y los de la condensación.

Las máquinas locomóviles exigen todavía menos cuidados, toda vez que el zócalo está sustituido por el bastidor que descansa sobre los ejes de las ruedas.

El poco espacio en que estas máquinas semifijas y locomóviles agrupan todos sus órganos, las pequeñas dimensiones de todos ellos, permiten que la operación de montar estas máquinas sea mucho más breve y más sencilla, toda vez que pequeños defectos que en las máquinas fijas serían muy perceptibles y tendrían una influencia muy perjudicial, en éstas pasan desapercibidos, y no se hacen notar en su marcha.

En las locomotoras, por el contrario, todo el esmero que se tenga en el más exacto montaje de sus órganos, debe parecer poco todavía, porque la gran velocidad de su marcha, y el movimiento que todas sus partes experimentan por la misma marcha de la máquina, unido á las graves consecuencias que la más pequeña alteración de uno cualquiera de sus órganos puede ocasionar, no permiten el más ligero defecto.

Montada ya una máquina, cualquiera que sea, en todos sus órganos esenciales, se procede á la instalación de todos los demás aparatos, que como los accesorios del generador, los lubricadores, los prensa-estopas, las juntas de tubo, los manómetros, los indicadores de vacío, etc., son también necesarios para conseguir su buena marcha: al hacerlo así, se han de tener presentes todas las condiciones que han de llenar, y de que nos hemos ocupado al hablar de cada uno de ellos en particular.

Y ya que de ello no nos hemos ocupado antes por no involucrar la descripción del montaje, debemos decir ahora la manera de preparar los ingredientes necesarios para la lubricación y para la formación de las juntas.

La lubricación ó engrase de todas las partes de la máquina que han de experimentar rozamientos, se verifica por medio de sustancias que podemos clasificar en simples y compuestas.

Son las primeras el aceite común de oliva, el petróleo y el sebo: éstos pueden usarse por sí solos ó mezclados convenientemente; el aceite común de oliva no debe usarse en el engrase de cuerpos calientes, porque se quema, y no produce el efecto deseado, por lo cual se le reemplaza con una mezcla de partes iguales de sebo y aceite, mezcla que toma el nombre de *sebo de Rusia*; también se suele mezclar al aceite de oliva $\frac{1}{20}$ de petróleo; pero esta mezcla obedece más que todo á la idea de hacer á aquél impropio para la alimentación del hombre.

Las sustancias compuestas son: Grasa de plumbagina, que se compone de plumbagina (lapiz plomo) y manteca de cerdo sin sal, en la proporción de una parte de la primera y tres de la segunda: Grasa líquida, compuesta de 125 gramos de sosa disueltos en 8 litros de agua, 8 litros de aceite de linaza y 75 gramos de sebo; todo bien mezclado se calienta á 95°, se agita bien y se embotella. Aceite de Crane, composición privilegiada que se usa con gran resultado en la marina.

Todos los engrases han de estar completamente exentos de materias sólidas, y sobre todo terrosas, porque si no fuera así, rayarían y desgastarían las superficies rozadoras. Para purificarlos de estos cuerpos, hay que dejar en reposo los que son líquidos y fundir ó liquidar los que como el sebo son sólidos.

Estos lubricantes se vierten en los engrasadores por medio de alcuzas ó aceiteras ordinarias de cuello largo y estre-

cho, ya sea recto, ya encorvado. Algunas de ellas llevan un muelle interior que mueve un obturador interior del tubo de salida, que impide la salida de la grasa mientras el maquinista no apriete un botón que separe el obturador.

Los empaquetados se hacen ordinariamente con lona, algodón, cáñamo ó estopa y caoutchouc, que se emplean en cordones, trenzas y rodajas: se empapan los primeros en aceite ó sebo y á veces se recubren de jaboncillo (esteatita); el cáñamo, se emplea para vástagos de hierro y el algodón, para piezas de bronce, porque sino éste sería rayado por el cáñamo. También se usan modernamente y con buen resultado por su mucha duracion, los empaquetados de amianto.

Las juntas para consolidar y hacer impermeables la unión de las diferentes piezas de una máquina, se hacen con lona, cáñamo, papel, cartón, hojas metálicas, hilos metálicos, caoutchouc y mastics.

La lona, el cáñamo, el papel y el cartón, se emplean de un modo análogo al de los empaquetados, ya solos, ya cubiertos de mastic de minio. El caoutchouc se usa como en los empaquetados. Las hojas metálicas son láminas de plomo cortadas en forma á propósito; pero tienen el inconveniente de ser caras, de ser atacadas por el vapor y de no producir, por causa de su poca elasticidad, la impermeabilidad absoluta, aunque esto se evita recubriéndolas de mastic. Los hilos metálicos se usan formando cuerpo con el mastic: el alambre de cobre se emplea también en unión con otro cordón más grueso de caoutchouc al lado interior de aquél, con el objeto de que la compresión en la junta obligue al caoutchouc á obturar por completo.

Las caras de las juntas es necesario que sean planas y aunque tengan algunas ranuras; cuando ya se han hecho varias juntas sobre una misma superficie, es preciso cepillarlas de nuevo para quitarles por completo los pedazos de mastic viejo

que conserven, y para que desaparezcan las corrosiones que haya producido el vapor.

El *mastic ordinario* se hace con albayalde y aceite de linaza, que se mezcla y se bate hasta darle una consistencia media: este mastic se emplea en aquellos órganos que se desmontan con frecuencia.

Si al albayalde se añade minio, se forma el *mastic diamante* ó *mastic rojo*: la cantidad de minio, que puede llegar hasta la mitad de la del albayalde, ha de ser menor á medida que sea mayor la temperatura á que está expuesta la junta. Se forma mezclando el minio y el albayalde en la cantidad conveniente: se toma una porción de esta mezcla, se le añade un poco de aceite de linaza, y se amasa á golpe de martillo; cuando está bien hecho queda por el pronto un poco duro, pero pasado algún tiempo se pone demasiado blando y hay que añadirle entonces un poco de la mezcla en polvo: para conservarlo hecho durante algún tiempo, se le tiene sumergido en agua.

También se usa un mastic preparado con cal ó yeso secos, para lo cual se calientan de antemano, minio y aceite de linaza, al que suele agregársele un poco de aceite de oliva para que no se seque demasiado con el tiempo. Así se forma un mastic análogo al de los vidrieros.

Para las juntas de los condensadores y agujeros de hombre, se usa el mastic ordinario; para los grifos situados en la caldera por bajo del nivel de agua, se usa el mastic rojo.

Para las juntas de cobre se usa un mastic formado de cal viva y clara de huevo, ó bien cemento romano.

Para las juntas que han de resistir fuertes temperaturas, se usa el mastic de hierro, formado con virutas de hierro colado y polvo de hierro, mezclados con sal amoniaco, azufre (algunos añaden arena fina procedente del desgaste de las piedras de afilar). Se puede emplear de dos modos, en seco ó en pasta blanda; en el primer caso se mezclan los ingredientes en

seco, se humedece la mezcla con orín, agua de mar ó agua que contiene un poco de sal amoniaco en disolución; se remueve esta pasta, y cuando empieza á calentarse, se moja de nuevo. Al cabo de media hora se vuelve á calentar, despidiendo olor á azufre, y entonces se le vuelve á humedecer, aplicándolo inmediatamente á la junta, para que al acabarse de hinchar en su sitio llene perfectamente todos los huecos.

En el segundo caso se deslíe en agua esta pasta y se introduce en la junta, cuyas superficies están ya apretadas por sus tornillos, por medio de un escoplo liso, calafateando la junta. Esta operación no puede suspenderse, porque si se seca el mastic, ya no se une con el fresco.

De una y otra manera, cuando ya está seco el mastic, forma cuerpo con la fundición, el hierro y el cobre. Cuando hay que separar las piezas así masticadas, ó hay que reparar el mastic que se escapa, se le frota con ácido sulfúrico (vitriolo) diluido en un poco de agua, y queda tan blando y pastoso, que fácilmente se quita con el escoplo; se limpia la junta perfectamente con el mismo ácido para quitar los restos que puedan quedar y las grasas, y se coloca el mastic nuevo.

Las proporciones para formar este mastic, son: 1 kilóg. de limadura, 25 gramos de sal amoniaco y 50 gramos de azufre. Para su empleo exige que las juntas estén limpias de toda grasa, porque sino no forma cuerpo con ellas.

LECCION LX.

Manejo y conducción de una máquina de vapor.

Una vez instalada una máquina de vapor, se procede á ensayar y probar su marcha antes de darla por bien montada y en disposición de efectuar el trabajo á que está destinado. Para esta prueba se necesita saber cómo se conduce y maneja una máquina de vapor, y cómo se corrijen los defectos que presente, y por esta razón vamos á ocuparnos de ambas cosas á la vez, con el fin de no caer en repeticiones inútiles, que no podríamos evitar si tratáramos por separado la manera de conducirlas y los medios de corregir sus defectos.

Lo primero que hay que hacer es producir el vapor en la caldera y conducir ésta en buena marcha: por esta razón, empezaremos por aquí nuestro estudio.

La caldera se llena de agua hasta un poco más arriba del nivel que ha de conservar en plena marcha, por medio de cubos de agua que se vierten por el agujero de hombre, ó por medio de una bomba auxiliar cualquiera, cuyo tubo de impulsión se adapta al grifo de purga de la caldera, como el de más calibre que hay. Si se emplea este segundo medio, hay que abrir la válvula de seguridad para dar salida al aire, que es

desalojado por el agua entrante; y si se escoje el primer medio, debe abrirse esta válvula después que se cierre el agujero de hombre, á fin de que salga el aire que después se ha de desprender de la caldera y del agua al producirse el vapor; de modo, que sea el que quiera el procedimiento usado para llenar la caldera, no debe cerrarse la válvula de seguridad hasta que se vea salir vapor blanco por ella.

Si sobre el generador hubiera algunos órganos ó aparatos que pudieran deformarse ó romperse con la dilatación que la caldera ha de experimentar al calentarse, se aislan de antemano, para evitar este percance.

Si la caldera se va á poner en marcha por primera vez, es preciso encender un fuego lento en el hogar, que se mantiene 24, 48 ó más horas, con el objeto de secar perfectamente la obra de fábrica y permitir una dilatación lenta á todos los materiales. Una vez hecho esto, ó si la caldera fuese de las que no exigen obras exteriores, se procederá á activar el fuego por pequeñas cargas sucesivas, hasta que ésta alcance su marcha normal: á este fin se cerrará la puerta del hogar, se abrirá más ó menos la del cenicero, y se hará jugar al registro de tiro.

En cuanto ha tomado cuerpo el fuego, observaremos que sube el nivel del agua en la caldera, debido á la dilatación de ésta por el calor, y que al poco tiempo comienza á salir vapor blanco por la válvula de seguridad; se cierra ésta graduándola á la presión máxima deseada, y se abre la llave del manómetro, que comenzará á indicar el aumento de presión.

Se examina la superficie exterior de la caldera, cuando el vapor tiene ya cierta presión, sobre todo las juntas de las planchas y remaches, para observar si hay algún escape de vapor que sea de importancia. En las calderas nuevas suelen haber pequeños escapes por algunos sitios de las juntas ó por algunos redoblones; pero estos desaparecen á los pocos días de mar-

cha, por virtud de la obturación ó calafateo natural que produce la incrustación depositada en estos claros.

Estando ya la caldera en plena marcha, y por tanto el vapor á la presión exigida, se hacen jugar los grifos de prueba y tubo de nivel para asegurarse de su buen estado, y se abre la válvula de comunicación poco á poco, con el objeto de calentar gradualmente los tubos de conducción del vapor.

Dejando para después la manera de poner en marcha la máquina, sigamos describiendo la manera de llevar el fuego en un hogar.

Al cargar un hogar se produce en los primeros momentos un enfriamiento ó descenso de temperatura, y por tanto, debemos escoger, como momentos convenientes para hacer esta carga, aquellos en que hay exceso de vapor en la caldera, en que el fuego es muy vivo en el hogar ó aquellos en que disminuye el consumo de vapor por la máquina, como es en los momentos de parada que tenga ó en los que el trabajo resistente sea menor.

El combustible se arroja en el hogar por medio de la pala, en pequeñas porciones cada vez, de modo que quede extendida por igual sobre toda la rejilla, sin amontonarse los pedazos, formando bóveda y teniendo cuidado que no rebasen el altar.

Es conveniente dejar cerca de la puerta varios trozos formando un pequeño montón ó muro, para que se sequen y se destilen lentamente, preparándose para su completa combustión, que se hará en la carga siguiente.

La puerta del hogar debe abrirse por el menor tiempo posible, y la entrada del aire ha de regularse por la puerta del cenicero y por el registro de tiro. Después de hecha una carga, conviene aumentar la entrada de aire para que se quemem, con el exceso de aire, y por consiguiente de oxígeno, todos los gases que se producen en el primer período de la combustión de la hulla; pero una vez conseguido esto, que se vea ya la

llama clara y brillante en todo el hogar, se disminuye el tiro, entornando ó cerrando la puerta del cenicero.

De vez en cuando, con una frecuencia que depende de la calidad del combustible que se emplea, es preciso picar el fuego, es decir, limpiar los claros de la rejilla con un espetón, de todas las cenizas, escorias y escarbillos que impiden el libre y fácil acceso del aire.

Si en un momentó dado se necesita activar mucho el fuego, entonces se empuja con el *rastro* el carbón encendido hácia atrás, contra el altar, dejando en la parte de delante muy pocas áscuas, para que comuniquen el fuego á la carga, mayor que de ordinario, que se acaba de colocar en la delantera de la rejilla, y aumentando el tiro.

La práctica de dejar entornada ó abierta la puerta del hogar, es viciosa, no sólo porque da origen á una corriente de aire frio que penetra en el hogar y conductos de humos, produciendo un descenso de temperatura, si que también porque padecen mucho las chapas de la caldera, por virtud de la contracción que este enfriamiento les produce. Por esta razón, y para evitar esta causa, suelen estar ligados el registro de tiro y la puerta del hogar, de modo que al abrir ésta se cierra aquél.

También es viciosa la costumbre de mojar el carbón, porque desde luego se comprende que el calor necesario para secarlo dentro del hogar, es un calor perdido para la producción de vapor.

Cuando se quiere apagar una caldera porque se aproxima la hora de descanso, se van retardando las cargas de carbón, ó se hacen más pequeñas, hasta que llegado el momento preciso de apagar el hogar, sólo tengamos muy poco carbón que sacar de él y apagar. Con esto se consigue, no sólo economía de combustible, si que también disminuir paulatinamente el ca-

lor del hogar y de la caldera. Se cierran fuertemente las puertas del hogar y cenicero y el registro de tiro.

Si la caldera es locomovil, no se puede sacar el fuego por la puerta del hogar, y entonces, si su rejilla es giratoria, se descarga ésta sobre el cenicero, y si no lo fuese, se ahoga el fuego cerrando las puertas y quitando el tiro. Si nada de esto se pudiera hacer, se apaga con arena ó ceniza, y nunca con agua. En estas calderas se enciende el fuego por debajo de la rejilla, introduciendo en el cenicero leña floja.

Cuando la caldera lleva algún tiempo de marcha, tiempo cuya duración es mayor ó menor, según la calidad del agua de alimentación y la clase de caldera, en las locomotoras es sólo de 3 á 4 días, es preciso dejarla inactiva para limpiarla y quitarle las incrustaciones formadas. La caldera se vacía y se limpia en caliente ó en frío: el lavado en caliente es una operación delicada, en la que hay que proceder con inteligencia y cuidado, pues hay que esperar á que baje la presión para abrir el grifo de purga inferior, y si la caldera no tiene válvula atmosférica, debe abrirse la de seguridad cuando ya se haya vaciado la mitad del agua, para que penetre en ella el aire exterior y equilibre la presión interior con la exterior; vaciada ya del todo, se abre el agujero de hombre, y con rastros se procura desprender la incrustación; cuando ya está fría, penetra en su interior un hombre ó un muchacho, y con un cincel arranca la incrustación formada. Si la caldera no tuviera agujero de hombre, se la lava interiormente, arrojando agua fría con gran fuerza impulsiva, por medio de una bomba, sobre toda la superficie interior, á fin de que la contracción brusca de la costra la haga romperse en pedazos que después se arrancan con rastros: este medio es poco conveniente, porque perjudica á la duración del generador; el lavado en frío es menos eficaz, pero más seguro.

En toda caldera pueden ocurrir accidentes que deben á todo trance evitarse, pero que en el caso de presentarse hay que remediar en el acto. Tal sucede con el caso en que por consecuencia de un golpe de fuego fuerte que haya habido necesidad de desarrollar, se presenta una plancha de la caja de fuego enrojecida y hasta abollada hácia su interior; esto consiste en que por falta de agua en la caldera, ó porque la costra incrustante depositada sobre esta plancha es muy gruesa, se encuentra ésta aislada del agua, sufriendo la acción del fuego del hogar y sometida á la presión del vapor que obra sobre ella.

Este accidente, siempre grave, se remedia cerrando los grifos ó válvulas de la bomba de alimentación, para que no llegue agua á la caldera, apagando inmediatamente el fuego y dejándola abandonada á su enfriamiento natural, para que la presión baje poco á poco y se pueda vaciar para registrar bien la parte quemada.

Cuando por descuido en la alimentación, baja el nivel del agua en ésta más de lo que permiten el tubo de nivel y el grifo de prueba, ha quedado al descubierto la caja de fuego y las chapas se caldean demasiado, y aún se enrojecen y abollan, como antes hemos dicho: si en este estado, por más que el manómetro acuse una presión baja, el maquinista alimenta la caldera, ésta estallará en el acto, porque el agua entrada habrá tomado el estado esferoidal que ya hemos descrito en la Lección XLIII y la enorme producción de vapor formada instantáneamente, que alcanza á 20 metros cúbicos por metro cuadrado de superficie directa, la hará reventar por su parte más endeble. Si esto sucediera, se echa rápidamente el fuego fuera ó se apaga, se cierran herméticamente las puertas y el registro de tiro y se deja enfriar la caldera; cuando ya queda muy poca presión, se alimenta si no se nota desperfecto en la caja.

de fuego, y se enciende de nuevo el fuego para marchar; pero lo más seguro es vaciar la caldera y examinarla y registrarla bien antes de emprender nueva marcha. No debe olvidarse que no es preciso que la chapa se presente roja para que se produzca el estado esteroideal; basta con que quede al descubierto la superficie de caldeo.

Cuando la presión del vapor alcance un valor mayor del debido, bien porque el maquinista se descuide en el fuego, bien porque el manómetro se entorpezca, ya porque la válvula de seguridad no funcione bien, ó ya porque el maquinista haya seguido la punible costumbre de sobrecargarla ó de fijar la palanca, se debe cerrar la puerta del cenicero, cargar el hogar con carbón fresco en abundancia, dejando entornada la puerta para establecer una corriente de aire fresco, cerrar casi por completo el registro de la chimenea, alimentar seguida y abundantemente y activar el consumo de vapor en la máquina.

Cuando el fogonero ó maquinista es celoso en el cumplimiento de su deber, preveerá siempre el caso de una explosión, porque estas se dejan conocer por los escapes de vapor que se ocasionan en sitios donde no se presentan de ordinario, por el ruido intenso que produce el agua al hervir en el interior de la caldera. Cuando se teme una explosión, lo primero que debe hacer el maquinista es dar la voz de alarma para que se retiren todas las personas que estén al alcance de los efectos desastrosos de una explosión, y en seguida proceder como hemos dicho, apagando el fuego, sin hacer nada más y ponerse en salvo á su vez.

Nada decimos respecto á las indicaciones de los botones fusibles ó aparatos de alarma, porque con ellos no debe contar nunca el maquinista, y utilizarlos tan sólo como voz de aler-

ta, que la misma caldera da á su fogonero para que éste la comunique á los demás.

Cuando en una caldera se presentan escapes ó fugas de vapor por sus juntas ó por grietas abiertas en las planchas, no hay más remedio que parar la caldera, dejarla enfriar, vaciarla y repararla.

Si la caldera es múltiple-tubular y hay escape por las virolas cónicas que sujetan los tubos á la placa, no hay más que apretar ó introducir estas más, empleando para esta operación un mandrín á propósito y nunca dándoles golpes: si los tubos no tienen virolas, se aprieta más la junta con su mandrín. Si el tubo presenta el escape en cualquier otro punto de su longitud, no hay más que aislarlo, tapándolo como ya sabemos.

Los escapes por las juntas masticadas no pueden remediarse por completo mientras está en actividad la caldera: no hay más recurso que atenuarlos lo mejor posible y rehacer esta junta cuando la caldera esté fría.

Cuando el escape de vapor se verifica en una locomotora en marcha, si ésta es débil, se alimenta inmediatamente á fin de bajar la presión, y se coloca el tapón por el lado del hogar hasta llegar á la primer parada. Si el escape es de tanta importancia que á pesar de este tapón no se puede seguir marchando, se pára la máquina y se coloca el otro tapón del lado de la caja de humos.

Si el escape de vapor es muy intenso y no se puede reconocer el sitio de donde procede, se activa la alimentación con los dos inyectores á la vez, se cierra en lo posible el escape de vapor y se abre el soplador y el tiro de la chimenea, con objeto de producir un tiro muy activo que arrastre el vapor que se escapa y permita averiguar dónde está el daño: si esto no fuese bastante, se alimenta con los dos inyectores á la vez, se cierra el tiro de la chimenea, echando el capuchón, se cierran las

puertas del cenicero, se pára la máquina y se apaga el hogar tirando fuera el combustible: cuando la máquina esté fría se registra perfectamente y se repara.

La rotura de una válvula de seguridad, de uno de los grifos de purga, y todas las averías dependientes de la falta de agua en la caldera, se corrijen de este último modo.

LECCION LXI.

Manejo y conducción de una máquina de vapor.—Continuación de la lección anterior.

Llegado ya el momento de hacer entrar el vapor en el cilindro, se abre muy poco á poco la llave ó válvula de admisión ó *regulador*, con objeto de que el vapor entrando en pequeña cantidad, pueda calentar el cilindro lentamente sin hacerle pasar de un modo brusco á una elevada temperatura. Si este cilindro tiene forro de vapor se admite en él vapor, se abre su grifo de purga á fin de que salga al exterior el vapor condensado y sólo se cierra cuando se vea que sólo escapa por él vapor sin mezcla de agua.

Antes de admitir el vapor en el cilindro, se abren los grifos de purga de éste. Si la máquina es de cilindro vertical, se coloca el pistón en la parte más baja de su corrida, moviéndola á brazo por medio del volante, para que al dar entrada al vapor en el cilindro, todo el agua que contenga el vapor procedente de la condensación que haya sufrido en la caja de distribución y de la que experimente á su entrada en el cilindro, pueda salir por el grifo de purga inferior.

Si el cilindro es horizontal, entonces no hay que tener esta precaución, porque sea cualquiera la posición del cilindro, el agua siempre saldrá con igual facilidad por uno como por otro purgador.

Estos grifos sólo se cerrarán cuando escupan *vapor seco*, circunstancia que no debe olvidarse; pues es muy perjudicial la existencia de agua dentro del cilindro: esta precaución debe seguirse al empezar la marcha que ha estado suspendida por un tiempo algo largo.

La marcha del cilindro hay que auxiliarla en sus primeras pistonadas, con hombres que muevan el volante, á fin de que se puedan pasar los puntos muertos; operación que debe hacerse con excesiva prudencia por parte de operarios y maquinista, á fin de que el aumento de potencia de que por instantes se dispone en el cilindro, y por tanto de velocidad en aquel órgano, no ocasione el arrastre de algún hombre.

La palanca de la corredera de cambio de marcha se habrá llevado también á su punto extremo correspondiente al sentido del movimiento, á fin de que la luz de admisión quede completamente descubierta.

Conseguido ya el movimiento de la máquina, se abre más ó menos la llave ó válvula reguladora para normalizar su marcha, y lo mismo se hace con los grifos del condensador.

Si la máquina es de expansión, hay que colocar el pistón cerca del límite de su corrida, á fin de que la admisión de vapor durante su período sea lo más extenso posible; si así no se hiciera y el pistón estuviera en situación correspondiente al fin de este período, la corta cantidad de vapor que entrase en el cilindro, no poseería fuerza elástica bastante para iniciar su marcha.

En el condensador hay que cerrar la llave de desagüe para que no entre aire y abrir poco á poco la llave de inyección, según marque el indicador de vacío, y una vez lleno ya y en fun-

ción el condensador, se abre la llave de descarga ó desagüe. Puesta en marcha la máquina como hemos dicho, la condensación marcha perfectamente desde el primer momento; pero si desde el principio se deja entrar mucho vapor en el cilindro, es fácil que no marche bien el condensador, y en este caso, ó en otro análogo motivado por cualquier causa inicial, hay que calentar el condensador por medio de un chorro de vapor que lleva un tubo dispuesto á este objeto, según dijimos en la Lección LIV; el aire que hay en el condensador, se dilata, abre las válvulas de la bomba de aire y pasa á la atmósfera, se enfría después el condensador por medio de agua arrojada sobre él y ya tenemos producido un vacío que, aunque imperfecto, asegura la buena marcha siguiente de la condensación. Si el condensador no está provisto de este tubo de vapor, hay que calentarlo con el vapor de la descarga del cilindro: conseguido esto, se pára la máquina, se proyecta agua sobre él y sobre la bomba de aire, se enfría y se vuelven á poner en marcha la máquina y el condensador.

Puesta ya en movimiento regular la máquina, el maquinista examina detenidamente uno por uno todos sus órganos y aparatos accesorios para comprobar su buena marcha ó para anotar los defectos que poseen y atender á su remedio. Para que procedamos con orden en el estudio de todos ellos, eliminaremos desde luego el caso de que se trate de una locomotora, porque esta clase de máquinas, por virtud de su servicio especial, exigen una marcha distinta y merecen un estudio separado, y sólo nos ocuparemos de las otras clases de máquinas que supondremos adornadas de todas las perfecciones que aisladamente hemos estudiado.

El principal é inmediato cuidado de un maquinista, es el de asegurarse si la distribución se verifica bien y si en el cilindro hay completa incomunicación entre las dos cámaras en que lo divide el pistón.

Esto se nota desde luego en las máquinas de condensación en la falta de vacío que acusa el indicador, debido á la afluencia de mayor cantidad de vapor de la debida; y en las que no tienen condensación, en el mayor gasto de vapor que se nota en la caldera, en la expulsión no intermitente del vapor que sale á la atmósfera en forma de chorro continuo, y en que colocando el distribuidor en su punto medio, no incomunica completamente el paso del vapor.

Para conocer el mal ajuste del pistón contra las paredes del cilindro, no hay más que levantar una de las tapas del cilindro, después de haber parado y fijado la máquina, llevar el pistón al límite opuesto de su corrida y abrir muy poco el moderador, á fin de que el pistón avance lentamente hácia el maquinista, que observa su marcha desde la base descubierta del cilindro. Si durante esta corrida se observan escapes de vapor por todos ó algunos puntos de la circunferencia del pistón, no hay más que extraer éste y aumentar su diámetro en los puntos necesarios, valiéndose de los medios que proporciona su sistema de construcción; vuelve á colocarse en el cilindro, llevándola á brazo á su primitiva posición y teniendo abierto el purgador correspondiente, y se repite la operación tantas veces cuantas sea necesario para conseguir la completa incomunicación.

Puede suceder, que en vez de tener este defecto el pistón tenga el contrario, ó sea el de apretar demasiado contra las paredes interiores del cilindro, por causa de ser su diámetro mayor del debido. Esto se notará si la máquina está en marcha, porque con sólo engrasar el cilindro se aumentará notablemente la velocidad de la marcha, debido á la disminución del rozamiento, y si la máquina está parada, en que levantando una de las tapas del cilindro, se observará rayada y aun estriada la superficie interior del mismo. Si este defecto es antiguo y las estrias han adquirido ya gran profundidad, pueden

por sí solas ser causa del paso de vapor de una á otra cámara del cilindro: en este caso, hay que proceder, como diremos, cuando se ovalice el cilindro ó se descubran corrosiones en él.

Si el pistón raya ó estría al cilindro, no hay más que desprenderlo de su vástago y apretarlo lo necesario, procediendo de un modo inverso al que se siguió en el caso anterior y contrario.

Este rayado suele verificarse algunas veces por la excesiva dureza de los aros del pistón, y entonces hay que sustituirlos por otros más á propósito.

Cuando en la superficie interior del cilindro se noten superficies rugosas ó corroidas, que el vástago del pistón y los pernos se han deteriorado, será causa de que las aguas de alimentación son ácidas ó atacan al hierro que le forma: si podemos variar de agua lo haremos en seguida, pero si no hubiera otra disponible, aceptaremos como irremediable este defecto, disminuyéndolo en cuanto es posible por medio del cambio de cilindro de bronce en vez de cilindro de hierro.

Si por causa del mucho uso que ya lleva el cilindro se ha ovalizado, es decir, ha perdido su forma cilíndrica circular, para convertirla en cilíndrica elíptica, circunstancia que sólo se verifica en las máquinas horizontales, pues los cilindros verticales no sufren esta alteración, no hay más remedio que mandarle al taller de reparaciones para ser mandrinado, ó sea torneado circularmente de nuevo.

Terminado ya el exámen del cilindro, se pasa á el de la distribución. Si ésta es de corredera, se caloca ésta de modo que se cierren las dos luces de admisión, ó sea en su punto muerto; se abre la llave reguladora poco á poco, dando entrada al vapor, y se abren los grifos de purga del cilindro; si por estos sale vapor, es evidente que el espejo ó la corredera tiene estrías que dan paso al vapor; si el cilindro no tuviera grifos de purga, hay que desmontar sus dos tapas para averiguar si

existen estas fugas. Otro medio de averiguarlo consiste en untar con tiza ó greda el espejo y pasar una sola vez sobre él la corredera; si el espejo queda completamente limpio, es que el ajuste es perfecto; si quedan algunas manchas, es evidente que en estos sitios no hubo contacto entre ambas superficies. En este último caso, hay que esmerilar ambas caras, frotándolas una contra otra con polvo muy fino de esmeril y aceite; operación que hay que ejecutar con mucha delicadeza y precisión.

Cuando el distribuidor es de concha y está equilibrado ó provisto de compensador, se conocerá su buen estado, estando en marcha la máquina, con sólo abrir el grifo de purga de su región aislada que le comunica con el condensador; si este grifo comunica con la atmósfera, la salida de vapor por él nos acusará el mal ajuste ó el mal estado de los empaquetados; si el grifo no comunica con la atmósfera, nos revelará este estado la elevada temperatura de este tubo y un silbido interior que se deja percibir como consecuencia de la rápida condensación del vapor: si el apretar en seguida los empaquetados no hace desaparecer estos defectos, hay que cerrar el grifo y desarmar la caja de distribución.

Si los escapes de vapor se verifican por causa de la corredera de expansión, se corrijen de modo análogo al indicado.

Por último, el estudio de los diagramas de que ya hablaremos, nos dará á conocer con toda exactitud las fases de una revolución de la máquina, ó sea de una doble corrida del pistón y de los fenómenos ó sucesos que durante ella han ocurrido.

Terminada ya la verificación de cuanto al cilindro se refiere en el caso de verificarse la distribución por corredera, diremos que si ésta se verificase por válvulas equilibradas ó por grifos giratorios, no tendremos más que hacer aplicación á

ellas de todo cuanto acabamos de decir, utilizando los mecanismos especiales de cada sistema y de cada máquina.

Si la bomba de alimentación es movida continuamente por la máquina, se tendrá cuidado de tener constantemente abierto el grifo ó válvula de descarga, hasta el momento en que se quiera alimentar, en cuyo caso se cierra herméticamente. Si la bomba sólo se pone en movimiento en el momento de alimentar, este grifo estará cerrado y sólo se abrirá para comprobar la buena marcha de la válvula impelente.

Si en la marcha de esta bomba se viera que su cuerpo de bomba y caja de estopas se calentara, entonces la bomba no funcionaría bien, porque las estopas se secarían, dando lugar á escapes, y el vapor que se formara en la capilla impediría el buen juego de las válvulas. Entonces habría que enfriar la bomba arrojando agua exteriormente sobre ella, ó bien adaptando un tubo á el grifo de descarga, que por el otro extremo se sumerge en un cubo con agua fresca; este agua entraría en el cuerpo de bomba y capilla y lo enfriaría. Si á pesar de esto no se consiguiera el objeto deseado, no hay más recurso que parar la máquina, apagar el hogar de la caldera, y si es preciso, desahogar de vapor ésta poco á poco, desarmar la bomba y mandarla al taller de reparaciones.

Debe hacerse presente, que las estopas de una bomba de alimentación no deben engrasarse, porque se entorpece el juego de las válvulas y porque esta grasa sería arrastrada con el agua á la caldera, donde ya sabemos los daños que causa. Por eso estos empaquetados deben hacerse con caoutchouc.

Si la alimentación se verifica por bomba de vapor, habrá que verificar la marcha del pistón motor y de la bomba á la vez, y si se alimentara por medio de inyectores, se comprobarían los resultados obtenidos como hemos dicho al describirlos en particular.

La buena marcha del condensador nos la da á conocer el

indicador de vacío. Si éste no marcara la condensación debida, puede consistir el defecto en la entrada de aire por las juntas, ó por la bomba de aire, ó por el mal juego de sus válvulas: un exámen minucioso de él, según dijimos en la Lcción LIV, nos dará á conocer dónde está el defecto y cómo hemos de obrar para corregirlo. Cuando esto sucede en los tubos de un condensador de superficie, el mal es muy grave porque hay que parar y examinar los tubos uno por uno; si el defecto no dependiera de estos órganos, podría consistir en el estado defectuoso del cilindro ó del distribuidor, lo que sabríamos y corregiríamos según ya hemos dicho.

Los escapes de vapor al condensador se pueden conocer apoyando en el tubo de evacuación una varilla metálica, cuyo otro extremo se sostiene con los dientes: tapándose los oídos se percibirá el golpe seco de entrada de vapor, si no hay escapes, y un golpe prolongado si los hay.

También pudiera causar un vacío imperfecto la escasez de agua de inyección por obstrucción accidental del tubo ó por pequeñez de diámetro, en cuyo caso habría que reemplazarla por otro de sección mayor. Para evitar las obstrucciones de este tubo, debe emplearse siempre agua limpia, lo que nos evitará además entorpecimientos en el juego de válvulas y de la bomba, por causa del sedimento depositado.

El exceso de agua de inyección también perjudica al vacío, porque la bomba de aire no puede extraer toda la que llega y aumenta el volumen de ésta hasta poder pasar al cilindro y causar su rotura.

Quedan por examinar, por último, los ccginetes y demás superficies rozantes para ver si se calientan ó no. Si llega á suceder lo primero, hay que aflojar los pernos de la tapa después de asegurarse de que este defecto no es ocasionado ni por un mal montaje ni por falta de lubricación; si á pesar de esto y de haber cambiado de sustancia engrasadora no se im-

pidiera el calentamiento, no hay más que cambiar los dados por otros fundidos con bronce ó latón de distinta calidad. La sustancia engrasadora que sustituye á la acostumbrada es el agua pura, el agua jabonosa ó el agua mezclada y batida con aceite, que refresca las superficies que rozan mucho mejor que el aceite sólo; este agua se empleará fria ó caliente, según sea la temperatura adquirida por las superficies rozantes; si ésta no es muy elevada, se podrá usar fria; pero si al ser aquella muy alta hay temor de que se rompan ó agrieten los bronce al experimentar un brusco descenso de calor, conviene emplearla aunque sea hirviendo primero y después cada vez más fresca: antes de parar la máquina hay que emplear de nuevo el aceite durante un largo rato, á fin de que bañe á toda la superficie, desaloje al agua y evite la oxidación que ésta ocasionaría al mojar estas piezas en reposo.

LECCION LXII.

Indicador.—Diagrama.

Cuando se desea conocer la marcha de una máquina de vapor, tanto en lo relativo á la distribución, cuanto á el trabajo producido por el pistón motor, se usan los aparatos llamados *indicadores*. Desde el día en que Watt inventó el primero hasta hoy, son muchísimos los que de diferentes sistemas se han venido empleando, y entre los que tomaremos para nuestro estudio sólo uno de ellos, el de Richard, elegido como uno de los más usados y de los que se aprecian como más exactos.

Consta este indicador, Fig. 255, de un cilindro abierto *aa*, envuelto por otro de mayor diámetro *bb*, que se cierra á tornillo por medio de una tapa *c* que tiene dos orificios por los que penetra el aire que obra sobre un pistón *d*, cuyo vástago tiene un recorte espiral *e*, asegurado al pistón y á la tapa por medio de dos tuercas *f*. El cilindro *aa* tiene en su parte inferior un tubo roscado exteriormente en *g* y cónico en su extremo *h*, que se enchufa en el tubo *i*, prolongación del grifo *k*, que por medio de su rosca se coloca en una de las tapas del cilindro. La tuerca *ll* tiene dos roscas de paso desigual, mayor

el inferior, y ajusta completamente estas dos partes del aparato.

Otro cilindro exterior $m m$, abierto según una de sus generatrices, rodea el cilindro bb al rededor del cual gira, con un rozamiento mayor ó menor, según determina la mayor ó menor aproximación de los bordes de la hendidura longitudinal del $m m$, ocasionada por un tornillo que aproxima ó separa las dos orejetas que en estos bordes lleva. De este cilindro exterior arranca un brazo n que termina en una platina circular o , provista de un tope: un eje p sujeto á ella por la tuerca q y por una espiga, lleva un tambor cilíndrico formado por un cuello r que tiene una polea t en su parte inferior, y un tope u que, chocando con el tope de la platina, limita el movimiento giratorio que tiene este tambor: sobre la base del tambor r hay una caja con un resorte de acero cuyos extremos están fijos uno á esta caja y el otro al pesador s que sujeta al vástago p un núcleo anular encerrado en la misma caja. A este tambor r rodea otro $v v$, que se fija al anterior por encaje de un tope de aquél con una muesca de éste.

Sobre este tambor se arrolla una hoja de papel que se asegura al mismo por medio de una vareta que cubre sus dos bordes. Del anillo ó cilindro $m m$ arrancan dos brazos $x x$, ligados por un sistema de palancas articuladas que constituyen un paralelógramo articulado: el vástago del pistón d se conecta con la palanca $A B$ por medio de la barra C : en el extremo D hay otra barra $D E$ articulada en E para dar movimiento vertical, unida á la $A B$, á el centro F de la palanca intermedia $B E$; en el punto medio F va un lapiz que describe una línea vertical sobre la hoja de papel colocado en el tambor $v v$.

Veamos ahora cómo funciona este indicador. Supongámoslo ya montado en una de las tapas del cilindro de la máquina, y que en la polea t hemos fijado por un extremo y arrollado un cordón ó hilo y que por medio de un mecanismo auxiliar he-

mos puesto en relación con el vástago del pistón motor el otro extremo para que al describir éste su carrera obligue al cilindro con el papel á describir un giro ó parte de vuelta cuyo arco de círculo desarrollado representará, en la escala determinada por ese mecanismo, la carrera del pistón.

El muelle *e* del vástago lleva en su tuerca superior marcado un número quebrado, por ejemplo $\frac{60}{15}$ (suponemos un indicador inglés): el numerador expresa la presión media del vapor en la caldera en libras inglesas, y el denominador la presión análoga en el condensador: en la tuerca inferior hay otro número fraccionario, por ejemplo, $\frac{1}{8}$, que significa que en las líneas verticales del diagrama (que después diremos cuáles son estas y qué es este) cada octavo de pulgada representa una libra de presión efectiva sobre pulgada cuadrada ó unidad superficial del pistón motor.

Así, pues, según sea la máquina cuya marcha queremos apreciar, escojeremos en la caja de resortes que acompaña al aparato, aquél que más se aproxime á las presiones de la máquina en estudio, y éste será el que se colocará en *e*.

Se abre el grifo *k* para expulsar la grasa que haya en el cilindro y para calcular el aparato indicador: se gradúa bien la longitud del cordón de la polea para que reaccione bien el resorte *s* cuando el hilo deje de ser desarrollado por el vástago del pistón. Se cierra el grifo *k*, se acerca con cuidado el lapiz *H* al papel arrollado, y es claro que como el cilindro gira y el pistón *d* no se mueve, el lapiz trazará una línea horizontal llamada *línea atmosférica*, cuya longitud representa la corrida del pistón. Se abre en seguida el grifo *k*, penetra el vapor en el cilindro *a*, y se levanta el pistón *D*, poniendo en movimiento el lapiz *H*, que se aproxima con la mano al papel mientras el pistón recorre dos veces su trayecto, ó sea durante una revolución completa. Se cierra en seguida el grifo, se desengancha el cordón, se pára el cilindro con el papel, se separa éste

y se estudia la curva que ha resultado trazada, y que se denomina *diagrama*. En esta hoja de papel se anota la tapa del cilindro en que se puso el indicador, el quebrado marcado en la tuerca inferior del resorte, el número de vueltas de la máquina, la presión en la caldera y en el condensador y la fecha.

La curva marcada en la boja de papel, tiene próximamente la Fig. 256 (cuando la máquina es de expansión y de condensación) en la que $a b$ es la línea atmosférica ó corrida del pistón. De su examen se deduce, por todo lo que ya sabemos, que al estar el pistón en su punto muerto a , el vapor obra con toda su presión medida ó representada por la línea $a A$; la recta $A C$ paralela á $a b$, nos dice que esta presión es constante mientras el pistón recorre $a c$, ó sea que este es el período de admisión; la forma de la curva $C D$ nos dice que la expansión se verifica en el trayecto de corrida $c d$, con presiones cada vez menores; el aumento rápido que toma la curva hácia abajo desde D hasta G , nos dice que este es el período de evacuación en que el vapor escapa al condensador, mientras el pistón ha retrocedido ya en su carrera la distancia $b g$; durante el trayecto $g e$, el paralelismo de la curva con la línea atmosférica, nos indica que la presión queda constante en el cilindro, y por tanto, igual á la del condensador: empieza á subir la curva desde E á F , y esto significa que se ha cerrado la salida del vapor, estando ya en el período de compresión, por lo que la presión aumenta algo (la disminución en la longitud de la ordenada $F f$ significa aumento cuando ésta está por debajo de la línea atmosférica, pues éstas se consideran negativas, al paso que las que están por encima se consideran positivas), hasta llegar á F , en cuyo punto sube rapidísimamente la curva hasta unirse con A ; esto expresa que estamos en el avance á la admisión, toda vez que el pistón está colocado en f . Tenemos, pues, representada completamente la marcha de la máquina durante una vuelta ó pistonada doble.

Si la máquina no tiene condensación, es claro que en el cilindro no tendremos nunca presiones inferiores á una atmósfera, y por tanto la curva no pasará nunca por bajo de la línea atmosférica: su forma será la de la Fig. 257.

Si no hay condensación ni expansión, la curva será, Fig. 258.

Pero estas curvas que hemos analizado son las que se denominan teóricas, es decir, las que suponemos se trazarían por una máquina que no tuviese defecto alguno; no sucede esto en ninguna máquina ni en cosa alguna ejecutada por el hombre, y por tanto, sólo se obtendrán curvas que se aproximarán más ó menos á las teóricas que podemos tomar por tipo ó modelo.

Las curvas suelen presentarse con una brusca elevación en el principio de la corrida *a*, Fig. 259, que es debida á la rápida subida del pistón *d*, así como la indecisión ó vaguedad de la línea que se presenta también sinuosa, indica que la marcha de este pistón no es uniforme sino á pequeños saltos, debido á su mal ajuste en la tapa del cilindro. Las curvas tampoco presentan bien marcados los pasos de un período á otro, que son más ó menos redondeados en estos puntos, circunstancia debida á que las luces, válvulas ó grifos de admisión y escape no se abren y cierran instantáneamente, sino que lo hacen en un espacio de tiempo apreciable.

El conocimiento de la figura que debe tener el diagrama de cada máquina, y la práctica en la interpretación de estas curvas, nos da á conocer los defectos que tiene la máquina y los medios que debemos emplear para corregirlos.

Así el diagrama representado con línea llena en la Fig. 260 nos dice, comparado con el teórico marcado de puntos, que el período de admisión es sumamente pequeño, por falta de área en las luces, ó porque la válvula ó llave reguladora ó de admisión está poco abierta: la presión descende tan rápidamente, que no puede señalarse el punto donde comienza la expansión:

la misma curva nos dice en su parte *a b* que se cierra el escape del vapor al condensador antes de tiempo, produciendo mayor contrapresión de la debida, particularidad ocasionada por el recubrimiento excesivo ó por falta de tiempo en la abertura de su válvula. También nos dice que no hay avance á la admisión, por causa de un gran recubrimiento ó lentitud en el movimiento de su válvula ó grifo, ó también por no haber ajuste completo entre el pistón y el cilindro: si la curva tomara la figura indicada por la línea de trazo y punto, expresaría que durante el período de expansión había una entrada indebida de vapor por mal ajuste de las válvulas, grifos ó rebordes contra el espejo.

Si ahora dividimos la línea atmosférica en diez partes iguales, tiramos por estos puntos perpendiculares hasta que toquen á los dos lados de la curva, apreciamos el valor de estas líneas ó presiones según la regla antes dicha, determinada por el quebrado marcado en la hoja de papel, se suman todas ellas y se divide por diez, tendremos la presión media que ha estado actuando sobre pulgada cuadrada (inglesa) del pistón, durante toda su corrida. Si ahora en la fórmula

$$F = \pi r^2 \times 2 C \times \frac{N}{60 \times 75} \times P$$

ponemos en vez de *P* el valor de la presión media hallada, reducida á kilóg. sobre metro cuadrado, en vez de *C* la corrida del pistón motor, por *r* el radio de éste, ambos en metros, y por *N* el número de vueltas por minuto, tendremos la fuerza indicada en la máquina; es decir, el número de caballos que representa el trabajo motor del pistón.

Si la máquina es de expansión en dos cilindros, habrá que tomar dos diagramas, uno en el cilindro de alta presión y otro en el de expansión, no sólo para conocer las fases de la marcha

de cada uno de ellos, sino también para calcular su trabajo, que se conocerá sumando los resultados de cada uno de los dos diagramas.

LECCION LXIII.

Freno de Prony.—Freno de Brauer.—Averías que suelen ocurrir estando en marcha la máquina.—Parada de la máquina.—Cuidados subsiguientes á su parada.

Por medio del diagrama hemos determinado la fuerza indicada de la máquina, ó sea el trabajo ejecutado por la potencia en el receptor; si queremos saber el trabajo útil de la máquina en un punto dado, tendremos que valernos de un aparato denominado *freno dinamométrico*. El primero que vamos á describir, inventado por Prony, tiene por objeto sustituir la resistencia útil por el rozamiento y apreciar el valor de éste pesándole.

Al efecto se dispone una banda de hierro, Fig. 261, con tacos de madera *a* muy dura, semejante á la de los frenos ordinarios de que nos hemos ocupado en la Lección XXVII, cuya banda se coloca sobre la semi-circunferencia superior de la polea montada sobre el eje *o*, cuyo trabajo se quiere medir; en la semi-circunferencia inferior se dispone un solo taco de madera *b*, que abraza una sola parte de ella. Dispuesto así el collar, se coloca el taco inferior sobre una palanca de madera *c c*, la banda superior sobre la polea, y las cadenas ó anillas en que termina por sus extremos se enganchan en los ojos de los tornillos *d d* que atraviesan esta palanca, á la que

se sujetan por medio de tuercas. En uno de los extremos lleva la palanca un contrapeso e , y en el otro extremo un arco de círculo f , concéntrico con el de la polea, á fin de que el peso P , que pende de él, obre siempre con el mismo brazo de palanca.

Si cuando la máquina está en su marcha normal se aprieta el collar por medio de los tornillos, la palanca será arrastrada en el movimiento giratorio de la polea; pero los pesos colocados en su extremo la impedirán que tome este movimiento y que se conserve horizontal. A fin de que esta palanca no pueda nunca ser arrastrada en el movimiento de la polea, se disponen unos topes que limitan el movimiento de aquella, caso de verificarse. Por medio de tanteos se logra apretar los tornillos lo suficiente, de modo que la máquina funcione con su velocidad media ordinaria, y es claro que en este caso el trabajo resistente producido por el rozamiento de la polea contra el freno será igual á la cantidad de trabajo que la máquina desarrolla. Toda vez que la palanca está en equilibrio por la acción de los pesos colgados de su extremo, que se deben considerar como suspendidos á una cuerda que se arrolla á un tambor de radio $A B$, ó sea R , y por la fuerza de este rozamiento, tendremos, que siendo el movimiento uniforme $T = 0,0014 N P R$, en donde $T =$ trabajo en caballos, $N =$ número de vueltas por minuto de la polea, $P =$ pesos colocados, $R =$ radio del arco del extremo de la palanca.

Mientras el freno actúa se lubrican las superficies que rozan con un chorro de agua que lleva 10 por 100 de jabón disuelto, ó con aceite ó sebo, procurando que sea constante la temperatura del freno.

Para tener seguridad en el resultado obtenido, hay que repetir la operación varias veces, tomando el término medio que se obtenga.

Existen también frenos automáticos que, como lo dice su

nombre, se regulan por sí mismos una vez puestos en acción, en relación á la variabilidad del esfuerzo motor: su manejo es difícil y su instalación muy delicada y aún complicada, si se quiere tener seguridad en sus resultados. Para que conozcamos alguno de ellos, describiremos, como uno de los más sencillos, el de Mr. Brauer.

La disposición de estos frenos es algo distinta, según la fuerza de la máquina á que se trata de aplicar; pero conocido uno de ellos, fácilmente se comprende el modo de ser de los demás; por esta razón solo nos ocuparemos del que se aplica á máquinas de 15 á 20 caballos de fuerza.

Una banda de palastro, Fig. 262, rodea la corona de la polea ó volante, en su parte superior lleva un engrasador *a*, y termina en una chapa *b*, de la que pende un peso *p*, en un tornillo *c* y en una palanca acodada *d e*; la tuerca del tornillo *c* es la terminación de la banda inferior, de modo que con él se aprieta ó afloja el freno: la palanca *d e* está unida en *e* á la banda superior por medio de una cuerda ó varilla y un resorte *f*, y á la inferior por medio de una cuerda floja *g* que se pone en relación con la cuerda de seguridad *h*: ésta como la *i* son dos cuerdas llamadas de *seguridad* que parten de la banda inferior y se sujetan flojas á dos puntos fijos *h h*: un índice *m* y una varilla *n* en prolongación de la planchita *b*, marcan por su concordancia la posición media del freno.

Para poner el freno en acción se calcula de antemano aproximadamente el peso *p* y se coloca el aparato como acabamos de decir; se pone en marcha la máquina progresivamente, y se va apretando el tornillo *c* hasta que alcanzada ya la marcha normal de la máquina se levanta el peso *p*. Ahora bien, si la velocidad de la máquina aumenta, la cuerda *g* y la *h* se ponen tirantes y el freno se afloja; si disminuye, la cuerda *g* se afloja y el freno se aprieta, porque el resorte *f* levanta á la palanca *d e*.

Durante la marcha de una máquina pueden ocurrir averías de no gran importancia que debe procurarse corregir en el acto, sin necesidad de parar definitivamente la máquina ó de mandar los órganos averiados al taller de reparaciones.

Si en la caldera se presenta la rotura de un remache en sitio donde se pueda trabajar sin peligro, basta tapar este orificio por medio de un taco de madera cónico encajado en él: si la presión es tan elevada que no pudiera esto conseguirse, no hay más remedio que poner otro nuevo en su lugar. Si fuese una grieta ó fisura la que se presentara en una de las planchas de la superficie indirecta de caldeo, se colocan dos remaches en sus extremos para impedir su prolongación, y los que se calculen necesarios en el intermedio de estos: si la grieta es de mayor importancia, se coloca un parche sobre ella remachado, teniendo antes la precaución de abrir dos agujeros en los extremos de la grieta, para evitar se prolongue más: si esta se presenta en la superficie directa de caldeo, hay que recortar la plancha averiada de modo que el bocado que se saque no tenga ángulos vivos, sino redondeados, y entonces el parche recortado en forma análoga, aunque algo mayor, para que pueda remacharse, sustituye al trozo de plancha averiado.

Si en el cilindro de vapor se presenta alguna grieta, puede operarse como acabamos de decir, ya sea con simples remaches, ya con parches colocados con interposición de una capa de mastic. Si por causa del continuo movimiento del pistón se desprendiera de éste alguna tuerca ó tornillo, y éste hubiera ocasionado el rayado de la superficie interior del cilindro, ó bien fuera por causa del excesivo ajuste del émbolo, ó se presentasen poros ó escarabajos, podría remediarse el mal causado vertiendo metal antifricción fundido y limando la parte sobrante.

De parecida manera se remediaría una grieta en una de las tapas del cilindro; pero si ésta se rompiese de tal modo que no

hubiera más remedio que sustituirla por otra, y no hubiera de repuesto, se puede seguir trabajando con la máquina como si fuera de simple efecto (si es de condensación), con solo obturar con un taco de madera y calafatear la luz del cilindro correspondiente á la tapa rota; de este modo el cilindro marcharía en su corrida hácia el extremo sin tapa, empujado por la presión del vapor disminuida en una atmósfera de contrapresión, y en el sentido contrario obligado por la diferencia de presión que existe entre la atmósfera y el condensador. Es evidente que la máquina desarrollará menos trabajo; pero se seguirá marchando así hasta que llegue del taller la tapa nueva.

Si tenemos una máquina Woolf ó una máquina Compound y se rompe un pistón de uno de los dos cilindros, se puede seguir marchando, sin reponerla, con sólo desmontar todos los órganos de trasmisión correspondientes al cilindro del pistón roto y á su distribuidor: pues al marchar de nuevo en esta disposición, si el pistón roto es el correspondiente á la expansión, ó sea el de baja presión, ésta no se verificará y el vapor pasará directamente del cilindro de alta ó plena presión al condensador, atravesando el cilindro de baja; y si el pistón roto es el de alta presión, el vapor de la caldera va directamente á el de expansión atravesando por el interior de aquél.

Si en esta clase de máquinas sufriese averías un distribuidor, se convertiría la máquina en simple, como hemos dicho. Si fuese rotura de la caja, entonces no habría más que parar.

Si la rotura del émbolo ó la avería en la distribución es en una máquina simple, no hay más remedio que reponerlo ó parar la máquina.

Las torceduras de los vástagos y bielas se corrigen caldeándolas al rojo y batiéndolas.

Si se rompiera el platillo de una excéntrica, se puede sustituir por otro formado de planchas de hierro superpuestas que sumen entre todas el grueso de la garganta para el collar. Es-

tas planchas se parten en dos, según su diámetro, se colocan en su sitio sobre el eje y se sujetan entre si y á dos planchas mayores que ellas por medio de remaches. Se fija la excéntrica con cuñas colocadas entre su ojo y el eje, si ha de ser fija, y si no lo fuera, se le agrega el tope al disco exterior conveniente. Si al romperse la excéntrica se hubiera roto el tope del eje, se reemplaza éste con un perno ó tornillo á propósito.

Las grietas ó roturas en los bronce de los coginetes se remedian sustituyéndolos facilmente con otros, y si son en los soportes de hierro colado, procediendo como ya hemos dicho varias veces para corregir grietas ó fisuras.

Si se presentan grietas ó agujeros en las cajas de los condensadores, se corrigen como ya sabemos, y si son las averías en la bomba de aire, se procede como hemos dicho para el cilindro de vapor. Si la avería es de tal consideración que no se puede marchar con el condensador, se prescinde de él si la máquina no es de baja presión, porque entonces no conservaría el vapor suficiente presión, lanzando el vapor á la atmósfera.

Si la máquina está preparada para esto, no hay más que desconectar la trasmisión de movimiento del condensador y abrir la llave de salida de vapor que tiene el tubo de descarga del cilindro: sino estuviera preparada así, se desconecta la bomba, se abren las válvulas todas afirmándolas bien para que no se cierren; se cierra el grifo de inyección, y si el tubo de descarga sumerje su extremo bajo el agua de la cisterna ó estanque, se le adiciona un trozo para que su extremo se encuentre en la atmósfera, y de este modo, el vapor evacuado del cilindro pasa por el condensador y sale á la atmósfera.

El tubo de aspiración de la bomba de alimentación habrá que separarlo del condensador y dirigirlo á el nuevo depósito para alimentar, si la bomba no contase de antemano con este tubo, como es lo más general.

Si por causa de avería mayor ó por conveniencia hay que

parar la máquina de pronto, se hace así, por medio de la válvula de admisión ó moderador, y de la palanca de cambio de marcha, y en seguida se cierra la válvula de comunicación en la caldera y el grifo del tubo de inyección del condensador, y se abre el grifo de desagüe. De este modo se consigue que haya incomunicación completa entre la caldera y el cilindro, evitando la condensación de vapor en los tubos de comunicación; que el condensador se llene por completo de agua, por causa del vacío formado, llegando hasta el cilindro; que se expulse el agua entrada y condensada para que no oxide las piezas movidas, sirva de peligro al poner de nuevo la máquina en marcha, y aún pueda helarse en el invierno. Se repasan las tuercas que haya que apretar y se desmontan las piezas averiadas, todo en caliente, para evitar la rotura de ellas ó de los pernos, que se produciría si se hiciera esto una vez fría la máquina, y se procede á la limpieza general de toda ella.

Se separan los engrasadores, se lavan bien con agua caliente y se vuelven á colocar; se reponen ó corrijen los prensaestopas, y si no hay necesidad se comprimen para que escupan toda la grasa vieja; se desmonta la tapa del cilindro, se extrae el pistón, limpiando ambos perfectamente, así como el condensador y el distribuidor; se enseban el cilindro, espejo, corredera, anillos de empaquetado, etc., y se conservan en este estado ó se montan de nuevo: se enseban todos los vástagos y se pintan con una pintura compuesta de tres partes de sebo y una de albayalde, todas las piezas que están aisladas y no en contacto con otras en su movimiento. Las demás piezas no pulimentadas se pintan con pintura ordinaria.

Hecho ya todo esto, se cierran las puertas del edificio ó departamento de la máquina, para privarla del polvo, y la llave la conserva en su poder el maquinista para revisarla periódicamente.

LECCION LXIV.

Aplicación de las máquinas de vapor á la extracción en las minas.

Toda máquina que se destine á mover el aparato de extracción de una mina, ha de tener como condiciones indispensables un medio facil, sencillo y rápido para cambiar en un momento dado el sentido de su marcha; se ha de poder parar y volver á poner en marcha casi instantáneamente, y ha de gozar de gran sencillez en el número y disposición de todos sus órganos para que, por decirlo así, todos ellos se encuentren á la vista y al alcance del maquinista.

Pueden ser de cilindro horizontal ó vertical, y tanto en uno como en otro caso, el aparato de extracción puede estar montado sobre el eje del volante ó sobre otro distinto relacionado con aquel por medio de un engrane: lo primero se practica en las máquinas de gran fuerza y en las minas en que es necesario comunicar una gran velocidad á las vasijas de extracción; lo segundo en los casos contrarios.

El aparato de extracción consiste en un tambor cilíndrico ó cónico en que se arrollan los cables redondos que suspenden

las vasijas, ó en dos cilindros pequeños llamados *bobinas*, en que se arrollan sobre sí mismos los cables planos: el diámetro de unos y otros está en relación con el grueso del cable; su eje es siempre horizontal, pues salvo muy raros casos, puede ser vertical el de los tambores, nunca el de las bobinas.

Los tambores, cilíndricos ó cónicos, pueden ser sencillos ó dobles; sencillos, si se arrolla sobre ellos un solo cable, cuyos dos extremos sostienen las dos vasijas: dobles, si cada uno de ellos recibe un cable distinto, que por un extremo se sujeta al tambor y por el otro suspende una vasija.

La Fig. 263 representa un doble tambor *a a* cónico con el torniquete ó cilindro interior *b*, al que se sujeta el extremo del cable *c*.

La ventaja que proporcionan los tambores dobles, son: el hacer independientes las dos vasijas en caso de rotura del cable, y el permitir dar distinta longitud á estos cables cuando se quiera verificar la extracción desde distintas profundidades. Esto se consigue del mismo modo con las bobinas, operando del modo siguiente: una de las bobinas ó tambores se monta sobre el eje, por intermedio de una mangueta, que se fija á él con su chaveta ó cuña correspondiente; la bobina puede girar con esta mangueta si pasan y aprietan los pasadores *a a*, Fig. 264, é independientemente ó loca si estos se quitan; de modo, que haciendo esto último y moviendo á brazo el tambor ó bobina en sentido contrario, se arrolla ó desarrolla el exceso de cable que se quiera.

El extremo del cable se fija á la bobina, bien por medio de platinas y tornillos, Fig. 265, bien introduciendo el extremo en una cavidad á propósito que aquella tiene, cuya abertura se cierra despues por una cuña de madera perfectamente apretada, Fig. 266.

Es inútil decir que puesto que los cables han de tener movimientos en sentidos contrarios, pues uno sube cuando otro

baja, el sentido del arrollamiento en tambores ó bobinas será tambien contrario.

Arrollados ya los cables, pasan estos por unas poleas colocadas en la parte superior de una obra de mampostería ó madera, que se llama *castillete de poleas*, para circular en el pozo.

Estas poleas han de ser de diámetro relacionado con el espesor ó grueso del cable, á fin de que éste padezca menos, siendo grande el radio de arrollamiento, y han de ser muy resistentes, toda vez que la carga que experimentan es muy grande, resultante que podremos determinar siguiendo las fórmulas establecidas al hablar de la polea.

Las vasijas se cuelgan del extremo libre del cable, siguiendo diversas costumbres. Si el cable es plano, de abacá, hierro, ó acero, se dobla un trozo del extremo sobre sí mismo, rodeando un anillo de fundición ó hierro dulce ó pieza en *U*, del que pende otro que á su vez lleva las cadenas, una ó más, que se unen á la vasija, y el extremo del cable se asegura sobre el mismo cable por medio de platinas y pasadores. Figura 267.

Si es redondo de abacá, se ata del modo usual, preservando al cable del rozamiento del anillo con otro helizoidal análogo al de las bobinas, Fig. 268; si es redondo metálico, se recomienda el empleo de una pieza á propósito, Fig. 269, que consiste en dos chapas de hierro *A* que comprenden al cable, el cual se dobla según la curva formada por los pasadores *a* que unen estas chapas; los dos cables se sujetan con una mordaza *B*.

El trabajo resistente que la máquina ha de vencer, depende del peso de la vasija y de la materia que se extrae en cada vez, peso que es constante; del peso del cable, que es variable, porque á cada instante es diferente la longitud de cable desarrollada, y del radio del tambor ó bobina sobre que se arro-

lla, radio que es fijo en el tambor cilíndrico y variable en e cónico y en la bobina. El peso que ha de levantar la máquina en el momento de comenzar á subir la vasija que está en el fondo, omitiendo el peso muerto de la vasija, porque se equilibra con la superior que pende del otro cable, será $P + p$, siendo $P =$ peso útil, $p =$ peso del cable: en el momento en que esta vasija llega á la superficie, el peso que obra sobre la máquina es $P - p$; si p es mayor que P , lo que sucede en los pozos profundos, $P - p$ es una cantidad negativa, es decir, que lejos de pesar sobre la máquina, favorece su acción. Aunque P sea siempre mayor que p , desde luego se ve que la diferencia entre el peso que obra sobre la máquina al principio y al fin de una ascensión, es $2p$, y que, por consiguiente, no puede ser regular y uniforme el trabajo de esta máquina, toda vez que su trabajo resistente es variable. Hay, pues, necesidad de valerse de medios á propósito para regularizarla. Desde luego podría conseguirse esto por medio de la expansión; pero esto no nos proporcionaría nunca más que una velocidad sensiblemente constante ó uniforme, sin obtener el equilibrio dinámico en cada una de las vueltas de la máquina. Hay que acudir, por tanto, á otros medios que estén en relación con el aparato en que se arrollen los cables.

Con los cables redondos y tambores cilíndricos se pueden usar contrapesos, que consisten en cadenas que suben y bajan por una sección del pozo y que se ponen en movimiento por medio de un tambor con un cable particular para él, montado sobre el mismo eje que el que efectúa la extracción: este cable especial se dispone de modo que al empezar la ascensión de la vasija esté completamente arrollado, ó sea colgando toda la cadena; á la mitad de la ascensión completamente desarrollado, ó sea descansando la cadena en un tablero á propósito puesto en el pozo; y enteramente arrollado de nuevo al fin de esta, que es el principio de la siguiente. Esta cadena puede susti-

tuirse por un wagón freno, que se mueve sobre una curva convenientemente calculada, de mucha pendiente en su extremo superior y muy poca en el inferior, Fig. 270, cuyo wagón, por medio de un cable ó cadena, se mueve de modo análogo á la cadena anterior.

Si en vez de tambor cilíndrico lo usáramos cónico ó empleáramos bobinas, podríamos determinar el radio máximo y mínimo de arrollamiento, que haría variar convenientemente el momento de las fuerzas que sobre el aparato actúan, puesto que este radio no es más que el brazo de palanca de la resistencia. Los valores de estos radios son

$$r = \frac{Q + 2q}{2} \sqrt{\frac{e}{\pi p (Q + 2q + pL)}}$$

$$R = \frac{Q + 2q + 2pL}{2} \sqrt{\frac{e}{\pi p (Q + 2q + pL)}}$$

$$y \quad R' = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{e(Q + 2q + pL)}{2p}}$$

siendo r = radio menor de arrollamiento, R = radio mayor de id., R' = radio medio de id., Q = peso de la materia que extrae, q = peso de la vasija, p = peso del cable por metro lineal, e = espesor ó grueso del cable, L = profundidad del pozo.

Si es tambor cónico en vez de bobina, no hay más que al espesor del cable e sustituir el valor $d \text{ sen } y$, siendo d = diámetro del cable redondo é y = ángulo de inclinación de la apotema sobre el eje. En general este ángulo y no pasa de 30° ,

y entonces $\text{sen } y = \frac{1}{2}$ y por tanto $R' =$ radio medio de arro-

llamamiento $= \frac{R'}{\sqrt{2}}$ conociendo ya á R'' , sabemos que

$$\text{radio mayor} = R'' + \frac{L}{4 \pi R''} \times \frac{d}{2}$$

$$\text{y radio menor} = R'' - \frac{L}{4 \pi R''} \times \frac{d}{2}$$

Según que las vasijas vayan sin guiar en su movimiento vertical ó vayan guiadas por cables de hierro ó acero, ó por guías de madera, así la velocidad de que están dotadas podrá ser mínima, media ó máxima. En el caso en que las vasijas de extracción van sin guiar, es evidente que no pueden gozar de gran velocidad, porque el pandeo del cable les hace describir un movimiento de péndulo que les haría chocar con las paredes del pozo y con la otra vasija al promediarse; así, pues, la velocidad que debe dárseles para evitar estos accidentes, varía entre 0,60 y 1,00 m por segundo. Si las vasijas van guiadas por guías fijas rígidas, de madera, entonces es posible comunicarles toda la velocidad que se desee, puesto que la vasija puede considerarse como un wagón guiado sobre dos carriles, sin que pueda descarrilar de modo alguno, y la velocidad está comprendida entre 6 y 16 m por segundo. Si las guías de las vasijas son de alambre, es evidente que no gozarán de la rapidez é inmovilidad que ofrecen las de madera, y que por tanto, no puede dársele á la vasija tanta velocidad; pero ofrecen al menos seguridad en que no ha de haber enganches con las paredes del pozo, ni encuentros con la otra vasija, y que por tanto, es posible aumentar la velocidad en cierto grado sin peligro alguno, y por esto se les da la de 1 á 6 m por segundo.

Cuando las velocidades son grandes, entonces los tambores ó bobinas se montan sobre el mismo eje del volante; pero

cuando son pequeñas, hay necesidad de disminuir la velocidad que el arbol motor ó del volante comunicaría á las vasijas.

Del primer caso nos ocuparemos en la lección siguiente, y hoy del segundo.

Esta disminucion de velocidad la conseguimos montando el aparato de extraccion sobre otro eje ó arbol paralelo al del volante y transmitiendo el movimiento de éste á aquél por medio de un engranaje cilindrico, en el que los radios de la rueda y piñón están en relacion inversa del número de vueltas que uno y otro eje han de dar: número de vueltas que depende de la velocidad que la vasija ha de llevar en el pozo. En el montaje de este eje se ha de seguir los mismos preceptos ya dichos para el arbol del volante.

Como en las máquinas de extraccion es preciso que las maniobras de parada y poner en marcha se verifiquen con rapidez, y sobre todo con muchísima precision, de aquí el que la máquina esté dispuesta para ellas con la buena y sencilla disposicion de todos sus órganos, y con la existencia de un buen freno montado sobre el volante, que en caso necesario produzca la inmediata parada de la máquina. Con esto se consigue parar las vasijas en el punto conveniente, si no ha habido accidente alguno en el engranaje de los ejes.

Si por una causa cualquiera se rompiese el engrane, es evidente que la accion del freno del volante no alcanzaría hasta el eje de bobinas, por lo que es conveniente que este eje lleve otro volante y otro freno independientemente de aquél, á fin de que en el momento necesario se pueda parar el movimiento de las vasijas en el pozo, con independencia de la misma máquina.

Al montar las bobinas y las poleas del castillete, se ha de tener bien presente que ambas han de estar contenidas, es decir, polea y bobina, en un plano vertical, y que el eje de la parte de pozo destinada á la extraccion debe equidistar de

ambos planos. Si en vez de bobinas se usan tambores, entonces la polea se ha de colocar en el plano vertical que pasa por el punto medio de la longitud del tambor

La conducción de una máquina de extracción exige, por parte del maquinista, un constante cuidado á las señales que parten del interior del pozo y que le indican si la máquina ha de marchar adelante ó atrás, y en qué momento ha de parar; ha de tener presente que las vasijas en los primeros y últimos momentos de marcha han de tener muy poca velocidad, y que al hallarse las vasijas próximas á su encuentro, debe también disminuir la velocidad de su marcha. Esto exige que se marche siempre con la llave reguladora ó de admisión completamente abierta, y que la máquina se regule por el movimiento de la palanca de marcha. Es, pues, absolutamente necesario que el maquinista esté constantemente al lado de la máquina, tanto para su manejo y engrase, cuanto para que no se pase desapercibida cualquier alteración ó rotura que pueda haber en el más insignificante de sus órganos, porque los accidentes más leves en esta clase de máquinas son causa de graves trastornos y motivo para poner en peligro la vida de los operarios, tanto del exterior como del interior de la mina.

LECCION LXV.

Maquina de extracción de cilindros conjugados y de cilindros acoplados ó apareados.

Hemos dicho en la lección anterior que la irregularidad en el trabajo del aparato de extracción se evitaba por medio del cálculo del radio conveniente de arrollamiento del cable; pero es evidente que la acción modificadora de este radio no puede extenderse más que á este aparato, y de ningún modo á la máquina motriz, la cual debe contar con los aparatos y medios necesarios á su buena marcha.

Cuando ésta consta de un solo cilindro de vapor, no podemos hacer desaparecer nunca la existencia de los puntos muertos, que se han de vencer por medio de la inercia del volante y demás masas en movimiento giratorio, cuya acción contribuye también poderosamente á contrarestar las desigualdades del trabajo motor cuando se trabaja con expansión; pero esto exige una velocidad de rotación no pequeña, que no es muy compatible con la que exigen máquinas que, como las de extracción, tienen que variar su velocidad á cada instante y cambiar el sentido de su marcha con grandísima frecuencia.

A fin de conciliar todas estas necesidades sin perder ninguna ventaja, se disponen en las máquinas en que el aparato de extracción está colocado sobre el mismo árbol del volante, dos cilindros de vapor en vez de uno solo: si estos cilindros están dispuestos de modo que uno de ellos esté en su punto muerto cuando el otro esté en el medio de su corrida, tomarán el nombre de *cilindros conjugados*, y si no sucede así, sino que ambos siguen simultáneamente las fases de su corrida, se llamarán *cilindros acoplados ó apareados*.

Con los primeros no se consigue solamente sumar los efectos producidos en cada uno de los cilindros, sino que se obtiene la regularidad completa en la marcha de la máquina, toda vez que el trabajo elemental que á cada instante se produce en los dos pistones varía entre límites mucho más próximos, no existiendo nunca el valor cero para este trabajo, toda vez que no hay punto muerto.

Con estas máquinas no tiene el maquinista que tener el cuidado de pararlas de modo que luego puedan *arrancar* de nuevo por sí solas: en cualquier situación marchan siempre sin auxilio de fuerza extraña sobre el volante. Estas máquinas son siempre de *conexión directa*, porque si se quisiera emplear balancín habría que disponer uno para cada cilindro, toda vez que sus posiciones son discordantes.

En las máquinas de cilindros apareados ó acoplados, lo que se trata de conseguir, más que regularizar la acción de la máquina, es obtener la expansión en el mayor grado y hacer que, estando dispuestos estos según manivelas á 180° , la acción de las dos bielas sobre el árbol sea la de un par de fuerzas, con lo que se aminoran los rozamientos en los coginetes. El objeto esencial de estas máquinas es lograr la mayor economía en el gasto de vapor, y por esta razón se las adorna de todos los adelantos y perfeccionamientos conocidos.

Para dar una idea de estas máquinas, elegimos como ejem-

plo la de la Sociedad D'Anzin, horizontal, de 200 caballos de fuerza, en la cual estudiaremos de paso el mecanismo Sulzer, para la distribución por válvulas, y la corredera Gooch, Fig. 271.

Los dos cilindros, acoplados á 180°, tienen forro de vapor y distribución por cuatro válvulas, con expansión variable por medio del regulador.

Esta distribución se verifica por medio de la corredera Gooch, Fig. 200, suspendida en su centro á la palanca *c o*; la biela *g e* ocasiona el movimiento horizontal del punto *f*; pero al mismo tiempo la corredera varía su situación, originando menor corrida, y entonces las varillas *c l* y *g* producen por el movimiento de la *f h* el del punto *f* en sentido vertical. El resultado de estos dos movimientos, horizontal y vertical combinados, es que el tope *m*, Fig. 272, describa estas dos curvas, *x* y *z*.

Las curvas superiores marcan las sucesivas posiciones de las aristas del taco *m*, que empuja y deja escapar alternativamente las dos válvulas de admisión por medio de las palancas *n n*; la curva inferior, no marcada en el dibujo, se refiere á las válvulas de evacuación. Estas palancas *n n* están enlazadas por medio de un balancín *p*, Fig. 271 y 272, y este balancín, cuyas bielas *q q* están provistas de resortes interiores, no sólo para amortiguar cambios bruscos de posición, sino también para coadyuvar á la rápida abertura y cierre de las válvulas, que además llevan por sí otro resorte, según ya sabemos, y se enlazan con el regulador por medio de la varilla *s s* de la biela *t* y de la varilla *v v*.

El cambio de marcha se consigue con solo variar á mano la situación de la biela *d e*, cosa fácil, porque las válvulas oponen poca resistencia.

Si por causa de una carga excesiva ó por otro motivo, la máquina tomase movimiento contrario, el aire aspirado por las válvulas de evacuación no podría levantar las válvulas de

admisión, se comprimiría haciendo el papel de freno, y se escaparía después por las válvulas de resorte $z z$, colocadas entre las dos válvulas.

Para este y otros casos análogos lleva un freno de vapor que se puede apretar también á mano por medio de la barra c , que lleva su manubrio *ad hoc*.

Como ejemplo de máquina de extracción vertical y de cilindros conjugados, citaremos la que figura Callon en su lámina 58. En ella, Fig. 273, vemos que es de conexión directa, con volante y freno de vapor: que el árbol horizontal descansa sobre un bastidor formado por dos grandes vigas, en las que descansan los coginetes, de hierro fundido, enlazadas entre sí por otras dos de menor resistencia, elevado á la altura conveniente y sostenido por ocho columnas colocadas cuatro á cuatro debajo de las dos vigas principales. La cimentación de esta mampostería es de ladrillo, y la coronación, formada por seis grandes sillares: los tornillos de las placas de fundación de los cilindros atraviesan estos sillares, la mampostería y otro sillar inferior que forma el cielo de la bóveda ó galería de registro.

Los cilindros son sin forro de vapor: la distribución es la de corredera de concha equilibrada, con recubrimientos para producir una pequeña expansión: es movida por dos excéntricas que cada pistón lleva en el árbol de bobinas, y para hacer solidaria la marcha de ambos pistones, estas cuatro excéntricas vienen á hacer girar á un árbol intermedio, de donde parten las dos bielas que mueven la distribución; árbol puesto en relación con la palanca de marcha.

Todas las máquinas perfectas de extracción llevan un aparato indicador de la posición de las vasijas en el pozo durante toda la ascensión, con el fin de que el maquinista pueda moderar y aumentar la velocidad en los momentos convenientes: este mismo aparato lleva también una ó más campanillas de

aviso, que sirven para prevenir al maquinista que la vasija está ya próxima á llegar á la boca del pozo. Este aparato indicador consiste en un arbol que lleva un tornillo sin fin *c*, en el cual engrana una rueda *d*, que lleva uno ó dos tacos *a* para hacer sonar una ó dos campanillas *b* en cada revolución, Fig. 274, que dé. Otro de estos indicadores consiste en un arbol ó tornillo *a a* que tiene dos tuercas móviles *b b* á lo largo del filete, que avanzan una cantidad igual á su paso á cada vuelta de éste, y que en momentos convenientes tocan dos campanillas *c*, Fig. 275

El tornillo sin fin se pone en movimiento por medio de un mecanismo que lo toma del arbol del volante, dándole una velocidad conveniente: así, por ejemplo, si el tornillo da una vuelta por cada cuatro del arbol de bobinas, y éste tiene que hacer 80 revoluciones para extraer una vasija, será preciso que á las 20 vueltas del tornillo, y por tanto á los 20 dientes de la rueda que en él engrane, ó á los 20 pasos de tornillo, se coloquen las campanillas de aviso de llegada: dos ó tres vueltas de tornillo antes de éstas 20 se colocan otras para que el maquinista se prepare á disminuir la velocidad.

Cuando las máquinas no tienen estos aparatos indicadores, se colocan señales en los cables que marquen la posición de las vasijas en el pozo: estas señales suelen ser trozos de trapo ó cordel de color bien visible, que se arrollan al cable en el punto conveniente, de modo que no sean obstáculo á su paso por la polea del castillete.

Si á este mismo indicador se le agregan varias ruedas dentadas dispuestas convenientemente, tendremos un contador de revoluciones de la máquina, y por tanto, del número de vasijas producidas en el día.

LECCION LXVI.

Máquinas de vapor de desagüe.—Tirante maestro.

Cuando las máquinas de vapor se aplican á la extracción de las aguas que existen en un sitio cualquiera, constituyen una máquina de desagüe, de la cual forma una parte la máquina motriz y otra parte el aparato con el que se elevan y extraen estas aguas.

Si este aparato es el mismo que se emplea en la extracción de minerales, con sólo sustituir las vasijas que en aquél se colocan por otras más en relación con la clase de materia que ahora se va á elevar, el conjunto se denominará *máquina de extracción aplicada al desagüe*, y de ella no tenemos que ocuparnos, porque ya lo hemos hecho en las dos lecciones anteriores.

Pero si el aparato empleado para extraer las aguas es el que denominamos bombas, entonces el nombre se reduce á el de *máquina de desagüe*. De modo, que bajo esta denominación se comprenden todas las máquinas que, moviendo diferentes clases de bombas, se aplican á la elevación ó extracción de aguas.

Como son de muchas clases y muy diferentes en su manera de ser y de funcionar estas bombas, nos ocuparemos de la descripción, marcha y accidentes de varias de las más principales.

Consideremos en primer lugar el caso más general, en que la profundidad del agua es de tanta consideración que no se eleva por medio de una sola bomba, sino por medio de varias de ellas que fraccionan en diferentes secciones la altura total á que el agua se ha de elevar, constituyendo todas ellas lo que se denomina un *sistema de bombas*.

Como todas ellas se han de mover á la vez y en el mismo sentido, porque cada una de ellas no hace más que elevar hasta la superior á ella el agua que recibe de la inferior, es indispensable que todos sus pistones estén enlazados á un solo vástago general que sea el que reciba el movimiento de la máquina motriz. Este vástago general, de madera ó de hierro (lo primero es más general), es lo que se denomina *tirante maestro*, y á él se enlazan los vástagos de los pistones de las diferentes bombas, por medio de escuadras de hierro, Fig. 276, empernadas á este tirante, si son bombas aspirantes; pero si son impelentes, se consigue el enlace por medio de tacos de madera, Fig. 277, que llenan la distancia que hay entre el vástago de la bomba y el tirante maestro, ó bien se ahorquilla el tirante maestro para comprender dentro de la horquilla, Fig. 278, el cuerpo de bomba, y el vástago se sujeta con madera interpuesta entre las dos ramas ó brazos de la horquilla.

Si el tirante maestro es de madera, se forma de una ó más piezas (según su grueso) de madera de pino, ensambladas á rayo de Júpiter, ó por simple justaposición, consolidado todo ello con largas platinas de hierro sujetas con pernos que las atraviesan en todo su grueso. Si es de hierro ó acero, tiene la forma de un tubo hueco de sección circular ó cuadrada, ó la

de un núcleo central con cuatro alas, ó la de una viga de celosía, todo perfectamente roblonado.

A fin de que este tirante maestro tenga un movimiento rectilíneo vertical perfecto, es preciso guiarlo convenientemente por medio de cuadros ó cárceles dispuestos en las vigas de asiento de las bombas, que dejan muy poco juego con las caras de aquél, y cuyas superficies rozantes se engrasan convenientemente y se renuevan por medio de tablas postizas justapuestas cuando el desgaste ocasionado lo exige.

Pudiera suceder que se rompiese este tirante maestro, y entonces la parte inferior caería pozo abajo, y la superior que quedase unida á la máquina motriz sería elevada con grandísima velocidad: tanto una como otra parte causarían terribles daños en el pozo, y para evitarlos es indispensable colocar sobre el tirante dos tacos ó estribos de madera muy resistentes, distanciados en la longitud de su carrera y un poco más, y comprendiendo entre ellos la cárcel ó guía antedicha, Fig. 279. De este modo, ni una de las partes puede caer, ni la otra elevarse á más altura que la amplitud de su corrida.

El sistema de bombas que ha de mover este tirante maestro, ha de estar compuesto de aparatos sencillos, seguros en sus efectos, fáciles de inspeccionar y de reparar en caso necesario. Su colocación debe ser tal, que todos los cuerpos de bomba y todas las columnas de tubos ascensionales estén en una misma vertical, ó sea aplomados. La bomba inferior debe ser aspirante, y todas las demás impelentes; sólo podrían emplearse todas impelentes, en el caso en que se tuviera absoluta seguridad de que la bomba inferior no se había de anegar ó ahogar.

Ya conocemos las bombas aspirantes y las impelentes de pistón inmergente, y por tanto, tan sólo diremos que la válvula inferior ó durmiente, ó de retención, debe tener un anillo para ser extraída por medio de un gancho cuando haya que

repararla, y no pueda ser sacada por su capilla ó caja de válvulas y que el cuerpo de bomba debe estar algo ensanchado en sus extremos para que el pistón pueda entrar y salir con facilidad.

Si esta bomba es volante, es decir, que no está fija, sino que ha de acompañar al nivel del agua á medida que este desciende, entonces está sostenida por medio de cables ó de tornillos que permiten subirla ó bajarla, y ha de tener su tubo aspirante en forma de telescopio, ó ser una manga de cuero ó caucho provista de un alambre interior arrollado á ella en hélice para impedir que por la absorción se junten sus paredes: además ha de ser la columna de tubos por donde ascienda el agua de diámetro algo mayor que el cuerpo de bomba, á fin de que por él se puedan extraer pistón y válvula.

Las demás bombas son impelentes de pistón inmergente ó macizo: toman el agua por medio de un tubo horizontal que desemboca en una caja en que la vierte la bomba inferior; tiene, como sabemos, dos válvulas, una de aspiración y otra de impulsión colocadas en dos capillas distintas, provistas de sus puertas atornilladas, para poder examinarlas y repararlas.

La distancia que separa entre sí á estas bombas es de 50 á 70 ^m por regla general, y la altura á que eleva las aguas la aspirante no debe exceder de 20 á 25 ^m.

La columna ascensional se compone de tubos de hierro colado, terminados en arandelas ó bridas, por medio de las cuales se unen unos á otros por medio de juntas ordinarias, con tal que no sean rígidas, sino que por el contrario, permitan cierto movimiento á los tubos unidos: ordinariamente se hace esta junta con un anillo plano de hierro forrado con estopa embreada, y se repara calafateándola con estopa y cuñas de madera.

En la parte superior de la columna se suele poner un tubo compensador con objeto de enlazar esta columna con la inme-

diatamente superior. Si esta columna tiene más de 50 m de altura, se coloca en su medio otro tubo compensador, que tiene por objeto dividirlo en dos partes independientes, á fin de poder hacer las reparaciones de uno de estos trozos sin tocar al otro. Estos compensadores son tubos de mayor diámetro que entran en los otros comunes, abrazándolos en una cierta longitud, á modo de los que constituyen las juntas elásticas de que hemos hablado en la Lección 55.

Este sistema de bombas es de simple efecto, puesto que al ascender el tirante maestro verifican la aspiración y al descender la impulsión.

Las bombas llamadas Rittinger son de doble efecto. Constant, Fig. 280, de un cuerpo de bomba *a*, con una capilla, en la que está la puerta de registro *b* y la válvula de aspiración *c*; en él se mueve un pistón inmergente hueco *d*, que en su parte superior tiene otra capilla con su puerta y su válvula *e*.

Sobre ella hay otro cuerpo de bomba *f*, que se mueve juntamente con el pistón *d*, á lo largo de otro pistón hueco *g*, que es fijo: este segundo cuerpo de bomba tiene unas orejetas *h*, por las que se une al tirante maestro para ser movido por él. En su escursión ascendente, el vacío producido por el pistón *b* hace se abra la válvula de aspiración y penetre el agua en el cuerpo de bomba inferior, en cantidad $\pi r^2 l$, siendo *r* su radio y *l* la corrida; al mismo tiempo, como está cerrada la válvula *e*, pasa por dentro del tubo ó pistón *g* una cantidad de agua impulsada igual á $\pi r^2 l$. En la escursión descendente se abre la válvula *e* y se cierra la *c*, el agua pasa al cuerpo *f*, y por tanto, si éste es de menor capacidad que aquél, ó sea si $\pi r^2 l$ es mayor que $\pi r'^2 l$, el sobrante pasará á *g*, y habrá agua impulsada también en esta escursión, como exige su carácter de doble efecto.

Si hacemos que $\pi r^2 l - \pi r'^2 l$ sea igual á $\pi r'^2 l$,

tendremos $\pi r^2 l - \pi r'^2 l = \pi r'^2 l$ ó $\pi r^2 l = 2 \pi r'^2 l$

ó $r^2 = 2 r'^2$ ó $r'^2 = \frac{r^2}{2}$ ó $r' = \frac{r}{\sqrt{2}}$ entonces tendremos que

la cantidad de agua impulsada en cada pistonada sencilla será la misma, sea ascendente ó descendente su curso.

Ya hemos dicho antes que el tirante maestro se consolida con fuertes armaduras de hierro, si es de madera, no sólo con el fin de hacerlo más resistente á los esfuerzos que ha de sufrir, sino también para darle más peso, á fin de que exceda al peso de la columna de agua que ha de elevar por su caída, en el caso de máquinas motrices de simple efecto: todavía ha de ser mayor aún este peso si en esta clase de máquinas se usa la expansión en altos grados, para que se pueda conseguir una velocidad más uniforme en su movimiento. Si las máquinas motrices son rotativas ó de doble efecto, entonces, como el vapor ejerce su acción, tanto en el curso ascendente como en el descendente, ya no son necesarios estos grandes pesos en el tirante, y de aquí el que se pueda decir que los tirantes de madera con grandes pesos adicionales corresponden á las máquinas de simple efecto y los tirantes de hierro ó acero ligeros á las máquinas de doble efecto; los primeros tienen la ventaja de que amortiguan mejor y más pronto el movimiento vibratorio que adquiere toda su masa al verificar la impulsión del agua.

El exceso de peso del tirante maestro sobre el de la columna de agua elevada, debe equilibrarse, á fin de que la máquina no trabaje con exceso inutilmente, y esto se consigue con uno ó más *balancines de contrapeso*, que no son otra cosa que unos balancines ordinarios, que por uno de sus extremos se unen al tirante maestro por intermedio de una biela, y que en el otro extremo llevan un contrapeso formado de discos de hierro colado, de lingotes ó de piedra, ó bien con *balancines hidráulicos*, que se disponen colocando un tubo sobre el depósito

de aspiración de cada bomba como prolongación de éste, y con capacidad bastante para contener el agua de una pistonada al menos: este agua obra siempre sobre la cara inferior del pistón con una presión correspondiente á la distancia que hay entre el pistón y el nivel del agua en el tubo del balancín, así es ve en la Fig. 280: también se coloca en la superficie un solo balancín hidráulico, en vez de varios como antes, que se puede cargar con pesos adicionales para aumentar sus efectos.

Si en vez de un solo tirante se emplean dos, porque es doble la columna de bombas, ya no hay necesidad de contrapeso alguno, porque uniendo estos tirantes por un balancín, ambos se equilibran al oscilar en sentidos contrarios.

LECCION LXVII.

Máquinas de desagüe, de tracción directa y de rotación.—Idem de acción directa.

Las máquinas que ponen en movimiento el tirante maestro, que á su vez hace funcionar á las bombas escalonadas en un pozo de desagüe, pueden ser de cualquiera de los sistemas que ya tenemos estudiados, y por tanto, nada hay que decir de nuevo sobre ellas; pero con objeto de dar á conocer algunos de los tipos que más frecuentemente se emplean, y aprovechar esta ocasión para describir algunos modelos de distribución del vapor, de que no hemos hablado al tratar de este asunto en particular, por no hacer demasiado complejo su estudio, describiremos, en sólo este caracter peculiar, un ejemplo de máquina de tracción directa y dos de rotación.

La máquina que más frecuentemente se ha empleado en los grandes desagües hasta hace poco tiempo, ha sido la máquina llamada de Cornwall, de cuya descripción nos ocupamos al hablar de la distribución por válvulas en la Lección LII y de la que prescindimos en este momento por esta razón. En ella el tirante maestro pende de un extremo del balancín, actuando en el otro

extremo el vástago del pistón. El vapor obra sobre la cara superior del pistón á simple efecto para elevar el tirante maestro y hacer la aspiración en la bomba elevatoria, al principio á plena presión y después á expansión; al establecerse el equilibrio entre las dos caras del pistón, por virtud de la abertura de la válvula de equilibrio que da paso á la cara inferior de una parte del vapor que ha obrado sobre la superior, el peso del tirante maestro le hace caer, impulsando el agua en la columna de tubos; la velocidad en la caída de este tirante se regula por medio del cierre oportuno de la válvula de equilibrio, que no facilitando ya salida al vapor, le obliga á ser comprimido y á crear un trabajo resistente, necesario para que el pistón, el tirante y todo el mecanismo, pierda gradualmente la velocidad y todo quede en reposo.

La acción de la catarata, único aparato cuyo movimiento es continuo, abre á su tiempo la válvula de escape al condensador, y muy poco después la de admisión de vapor, para producir un segundo golpe de pistón.

Si en una máquina de Cornwall suprimimos el balancín, invertimos el pistón y unimos el vástago de éste al tirante maestro, tendremos la máquina llamada de *tracción directa*, en la cual, como es de suponer, hay que colocar el cilindro sobre la boca del pozo de desagüe. Su modo de funcionar es exactamente el mismo que el de la anterior: tienen la ventaja de que son más económicas de compra y de instalación, por lo reducido del lugar que ocupan, y porque como en ellas el vapor obra sobre la cara inferior del pistón, la acción de aquél tiende á darle más estabilidad; pero en cambio tienen el inconveniente de que ocupan mucho la boca del pozo, inutilizándole para todo otro servicio.

Estas máquinas pueden ser de un solo cilindro ó de dos, sistema Woolf, y puesto que hemos descrito la máquina Cornwall de un cilindro, vamos á presentar como ejemplo una máquina

de tracción directa de dos cilindros Woolf, Fig. 281. A cada uno de los vástagos de los pistones se enlaza un tirante maestro, que mueve cada uno una columna de bombas, y que se hacen solidarios uno de otro por medio del balancín *a a*. La distribución, única particularidad que ofrece esta máquina, se hace por medio de válvulas circulares puestas en movimiento por medio de un pequeño cilindro y pistón *b*, Figs. 281 y 282, que hace subir y bajar á la varilla *c*, que es la que abre y cierra las válvulas. Para conseguirlo se articula al vástago del pistón y á la varilla *c* una palanca *d j e*, que por su extremo se articula con una biela *f* que parte del eje del balancín.

Esta misma palanca, en su movimiento, hace girar á la *h g* al rededor del punto *h*, y mueve, por tanto, el vástago del aparato de distribución del cilindro *b*. Así, cuando el balancín está en su punto inferior, baja el extremo *e*, el *g* y el *i*, y por tanto baja el distribuidor, entrando el vapor sobre la cara superior del pequeño pistón: en este movimiento es arrastrada la varilla *c* que mueve las válvulas de los cilindros Woolf. El movimiento del pistón *b* se modera con auxilio de una catarata de aceite *k*, que es, por tanto, la que regula la velocidad de la máquina.

Cuando la máquina que ha de mover el tirante maestro de un sistema de bombas es de rotación, es preciso que este tirante esté unido á un balancín ó á una manivela montada sobre el árbol del volante, órgano que indispensablemente han de tener estas máquinas, y que esté equilibrado de tal modo que sean iguales los trabajos ejecutados por la máquina durante el ascenso y descenso de aquél. Este sistema tiene la ventaja de no exigir tirantes maestros tan pesados como lo exigen las máquinas de simple efecto que trabajan á gran expansión, y además, el que como marchan á mayor velocidad, debido á la acción del volante y á la supresión de la catarata, permiten mayor número de golpes por minuto, y por tanto, extraen más

agua, ó lo que es lo mismo, se achican las dimensiones de una máquina para un mismo consumo de vapor; pero tienen el inconveniente de no amortiguar y anular el movimiento vibratorio del tirante maestro, vástagos y pistones de las bombas, puesto que no hay período de reposo, y de que no se puede prescindir de dar á la máquina una cierta velocidad mínima, necesaria para que se puedan vencer los puntos muertos, y de dar, por consiguiente, un número de pistonadas las bombas, que muchas veces no pueden dar por falta de agua que extraer.

Como ejemplo de esta clase de máquinas, consideraremos una horizontal de dos cilindros acoplados, en que la distribución se verifica por el sistema Corlis, tipo de la máquina motriz de la Exposición Universal de Filadelfia.

Podemos suponer á esta máquina compuesta de los dos cilindros acoplados á 90° sobre el arbol del volante; en este mismo arbol, un piñón que engrana con una rueda que mueve un eje que por intermedio de una manivela y una biela trasmite y trasforma el movimiento en rectilíneo alternativo en el tirante maestro.

La distribución del vapor por este sistema, Fig. 283, se verifica por medio de un platillo central *a*, descentrado respecto á su eje de giro *b*, y que oscila unos 40° por virtud del movimiento de la barra de la excéntrica *c*: este platillo lleva cuatro bielas que mueven las palancas que abren y cierran los grifos de entrada y salida del vapor. Esto se verifica del modo siguiente: la biela se une en *e* á la palanca *d*, que lleva en su brazo menor una platina de acero *f*, que en el momento conveniente engancha á la varilla *g*, constantemente empujada contra ella por la acción del resorte *h*: esta varilla está unida á un pistón diferencial *i*, y sobre esta misma articulación *i* hay una pequeña biela *j*, que articula por el otro extremo con la palanca que hace girar el grifo de admisión del distribuidor *z*:

la varilla g , que termina en un plano inclinado, roza en su movimiento ascensional contra un rodillo k , que cuando es movido por la varilla $m n$ del regulador, echa hácia atrás á la varilla g y produce el desenganche de ella; en este caso, el pistón diferencial i , que al elevarse ocasionó el vacío en su parte inferior ó menor, cae rápidamente por la acción del aire que obra sobre la parte mayor ó superior, y entonces la biela j hace girar al grifo, cerrando la admisión y dando principio á la expansión.

Las válvulas de evacuación al condensador x , como no exigen más que ser abiertas y cerradas del todo, no necesitan de estos mecanismos, sino simplemente ser giradas por su biela correspondiente y .

Los sistemas de desagüe descritos exigen que las máquinas motrices estén colocadas en la superficie del suelo y que las bombas se muevan por la acción del tirante maestro; pero como esto no es absolutamente necesario, puesto que éste puede suprimirse y se puede instalar aquella en una excavación abierta á propósito en la profundidad del pozo de desagüe, sea que se ponga en movimiento con vapor producido en calderas colocadas en la superficie, sea con vapor engendrado en el mismo interior, vamos á presentar un ejemplo de ello con la *bomba de acción directa de Davey*, para que por medio de su conocimiento se puedan comprender las análogas de Tangye, Stapfer, etc.

Esta máquina se compone de un cilindro horizontal, Fig. 284, cuyo vástago mueve al mismo tiempo el pistón de una bomba de doble efecto, análogamente á la bomba de aire del condensador. La distribución de esta máquina se verifica por medio de una catarata g , cuyo pistón se mueve por medio de una palanca $a b$ que oscila, por estar articulada con el vástago del pistón motor: esta palanca lleva un tope c , que al final de su

oscilación choca contra otro de la varilla del pequeño distribuidor de vapor *d*, el cual, al ser movido, deja descubierta la luz de admisión de vapor, el que pasando por ella empuja por la cara opuesta á la de la corrida anterior á la corredera de distribución *e*, la cual, moviéndose por virtud de este empuje, descubre la luz de admisión en el cilindro motor y la de evacuación al escape: la varilla de la corredera de distribución se articula á la misma palanca *a b*, y de este modo todo el mecanismo se hace solidario del movimiento del pistón de la catarata, el cual se regula á mano y á voluntad, por medio de un tornillo y un pequeño volante ó manubrio *h*.

Colocada esta máquina casi al nivel del agua que se trata de elevar, puede decirse que casi no tiene aspiración que hacer la bomba, cuyo trabajo está reducido á impulsar el agua hasta el exterior por la columna de tubos.

Este sistema tiene la ventaja de no exigir más que una sola bomba y de suprimir el tirante maestro; pero tiene el grave inconveniente de que pueden con facilidad ser anegadas si el caudal de agua es variable, y de que son tan grandes las presiones que las juntas, las válvulas y hasta los aparatos mismos experimentan (una atmósfera por cada 10 m de altura de agua, según ya sabemos), que se necesita mucho esmero en su construcción, disposición y entretenimiento, para que se obtenga el efecto útil debido.

Las bombas *Tangye*, Fig. 285, análogas á la de Davey, se diferencian de ésta en que el pistón de la bomba está directamente enlazado al vástago del pistón motor, y en que la distribución del vapor en el cilindro se verifica del modo siguiente: la corredera *a* es doble y solidaria con el pistón *b c*; el vapor que llega á la caja de la corredera puede pasar al otro lado del pistón por los pequeños agujeros *d d*, y de allí á los conductos *e e* hasta las válvulas *v v*. En la posición indicada en la Fig. 285, el vapor entra por la luz *m*, y el pistón marcha en sentido

de la flecha; al llegar al extremo de su corrida levanta la válvula *v* y establece la comunicación de la parte posterior del pistón *b c* con la evacuación. Desaparece, por tanto, el equilibrio que había en las dos caras del pistón *b* y *c*, éste se mueve de derecha á izquierda, llevando consigo á la corredera, que como es natural, descubre la luz de entrada contraria.

La máquina se pone en marcha moviendo á mano por medio de una palanca este pistón *b c*.

LECCION LXVIII.

Bomba centrífuga.—Pulsómetro.—Máquinas de agua y de aire comprimido.—Acumulador.

La bomba centrífuga ó rotativa, Fig. 286, se compone de una serie de paletas cilíndricas encerradas en una caja, que giran al rededor de un eje horizontal: el agua llega á ellas por el círculo *a*, sea porque éste esté sumergido en ella, sea porque tenga un tubo aspirante. El movimiento de rotación producido por la correa arrollada sobre la polea *c* montada en el arbol de las paletas, ocasiona el movimiento del agua á lo largo de los canales formados por dos paletas consecutivas, y su expulsión de ellos á el espacio anular *d*, en donde adquiere, por la llegada incesante de nuevas cantidades, presión bastante para subir por el tubo *e*. La buena marcha de estas bombas exige que el tubo de aspiración no tenga más de 5^m de longitud, y que la altura á que se eleva el agua no exceda mucho de 15^m: el numero de revoluciones que da por minuto es considerable, pues llega á alcanzar la cifra de 1300: el espacio que separa dos paletas consecutivas, es tanto mayor, cuanto más turbias ó fangosas son las aguas que se elevan, á fin de

que puedan pasar y salir libremente las materias sólidas que tiene en suspensión, sin ocasionar retardos ni daños.

Tanto este aparato como el que vamos á describir ahora, se emplean tan sólo con caracter transitorio ó provisional en el desagüe de las minas, en aquellos casos en que ó bien se presenta el agua inesperadamente, ó bien sólo se trata de efectuar algún desagüe de corta duración.

El pulsómetro, Fig. 287, no es más que una bomba, de vapor de impulsión que carece de todo órgano, puesto que su acción se produce por el solo contacto directo del vapor con el agua que se trata de elevar. Consta de dos recipientes que tienen forma parecida á una pera *a b*, y que se reúnen, tanto en su parte superior como inferior, en un solo tubo, formando la columna aspirante *c* y la de vapor *d*: la distribución del vapor á uno y otro recipiente, se hace por medio de una esfera metálica colocada en la unión *o* de los dos recipientes, que marcha de uno á otro alternativamente, permitiendo é impidiendo la entrada del vapor. Supongamos que, según la figura, queda cerrada la cámara *b*, y que la *a* está llena de agua: llega el vapor á *a*, empuja al agua y la impele á la columna ascendente *e*, sufriendo una condensación parcial, que es lenta, porque se interpone entre el vapor y el agua todo el aire que se aspira con el agua en cada momento de aspiración; con la salida del agua al tubo ascendente, baja el nivel de esta en el recipiente *a* cada momento con más lentitud, porque su sección es mayor, y al mismo tiempo se disminuye por esta causa el espesor de aire interpuesto entre el vapor y el agua, aumentándose la condensación de aquél hasta que se descubre el orificio que comunica con la columna ascendente, en cuyo momento se escapa todo el aire y el vapor, que quedando en contacto inmediato y directo con el agua se condensa rápidamente, produciendo un vacío. Por virtud de este vacío se cierra la válvula del tubo impelente, se abre la del aspirante, entrando el agua inferior á llenar de nuevo esta

cámara y la esfera que cerraba la otra cámara *b*, solicitada por la diferencia de presión que en una y otra existe, se mueve, viniendo á cerrar ahora la *a* y dejando abierta la *b*, donde se verifican los mismos fenómenos que acabamos de estudiar.

Este aparato permite elevar aguas muy fangosas y no exige instalación de ninguna clase, pues puede funcionar perfectamente colgado de cadenas, Fig. 288, sin que se presente dificultad en que marche ahogado: no exige engrase ni prensaestopas alguno; las válvulas son de larga duración, y en caso necesario se reparan y reponen con mucha facilidad: para funcionar en buenas condiciones, no debe exceder la aspiración de 5 m, ni la impulsión de 30 m: el consumo de vapor es muy notable, y por esta razón no deben emplearse más que en casos eventuales.

Hasta ahora nos hemos ocupado de las máquinas que ejercen su trabajo utilizando la fuerza elástica del vapor de agua, y ahora vamos á tratar de aquellas máquinas que utilizan la fuerza elástica del agua ó del aire comprimidos.

Si al agua ó aire lo sometemos á elevadas presiones, valiéndonos de medios á propósito, es evidente que al cesar de actuar estas fuerzas sobre ellos y al ponerlos en condiciones de volver á ser lo que antes fueron, restituirán toda ó casi toda la fuerza que se empleó en ellos; y por tanto, podremos emplear estos fluidos de un modo análogo al vapor de agua, haciéndoles desarrollar su fuerza elástica sobre el pistón motor.

Para dotar al agua de presiones posteriormente utilizables, se usan los aparatos llamados *acumuladores*. El de Mr. Armstrong se compone de un cilindro ó tubo vertical, de fundición, en el que se mueve un pistón inmergente, en cuya cabeza se colocan los pesos correspondientes á la presión que se desea comunicar al agua: en este cilindro se inyecta agua por medio de una bomba impelente de doble efecto movida por una má-

quina motriz cualquiera, de vapor ó hidráulica: cuando el pistón inmergente comienza á subir, es porque la presión del agua que se ha introducido empieza á sobrepujar á la del pistón, y si damos salida á este agua llevándola á un cilindro en que se mueva un pistón motor distribuyéndola alternativamente para que obre sobre una y otra cara de él, de un modo análogo al vapor, tendremos una máquina en que se utilizará la fuerza elástica del agua, como se utiliza la del vapor.

Así, si suponemos que el cilindro tiene 0,40^m de diámetro y 6^m de altura, y que el pistón con su peso propio y el adicionado compone 50,200 kilóg., tendremos que

$$\frac{50,200}{\pi r^2} = \frac{50,200}{1256} = 40$$

atmósferas de presión ó 40 kilóg. por cet. cuad., ó sea una carga de agua equivalente á 400 met. de altura. El volumen engendrado en el cilindro será $0,1256 \times 6 = 0,753$ met. cub.

Si estos 753 decimet. cub. de agua ó 753 kilóg. los hacemos salir del cilindro obligados por la bajada del pistón, es claro que nos proporcionarán un trabajo de $753 \times 400 = 301,200$ kilográmetros, ó sea un caballo de vapor durante 67 minutos, $\frac{301,200}{4500}$; de modo, que si durante este tiempo introducimos en

el acumulador diez veces 753 kilóg. de agua, tendremos una fuerza disponible de 10 caballos de vapor.

Cuando se desea utilizar el aire como motor, no hay más que comprimirlo en el grado deseado, porque este fluído, siguiendo la ley de Mariotte, tendrá sus fuerzas elásticas en razón inversa de sus volúmenes; esta compresión origina un aumento de temperatura que debe evitarse, no solo por lo que sufren los cilindros compresores, si que también porque esto supone pérdida de trabajo útil; lo conveniente es enfriar el aire

durante la compresión y calentarlo durante su empleo como motor.

Esto se consigue por medio del empleo del agua, colocándola entre el pistón compresor y el aire que este impele: así, Fig. 289, *A* es el cilindro de vapor que mueve al pistón compresor *B*, el cual se mueve dentro de una masa de agua que toma, como es consiguiente, movimiento oscilatorio dentro de los dos cilindros *C* y *D*; estos tienen dos válvulas, una de aspiración *a* y otra de impulsión *b*: la primera se abre por virtud del vacío producido en el cilindro al bajar el agua, y la segunda por efecto de la repulsión del aire al llenarse de agua el mismo cilindro en la pistonada siguiente: dos tubos *c* reponen incesantemente la cantidad de agua arrastrada por el aire, y la mantienen siempre fresca.

La velocidad de marcha del pistón ha de ser muy pequeña, 0,30 á 0,40 m, por causa de la inercia del agua, que originaría movimientos irregulares y tumultuosos. Las presiones á que se comprime el aire, son 7, 8 ó 10 atmósferas.

Tratemos ahora de emplear el agua ó el aire sometido á las presiones indicadas.

Desde luego se sabe que el agua tiene su empleo inmediato en la máquina de columna de agua explicada en la Lección XXXII. Pero si esta fuese de doble efecto, entonces podríamos, como máquina de rotación que es, sustituir el aparato de distribución ya explicado en aquella lección por otro enteramente análogo al de una máquina de vapor; es decir, por un distribuidor normal de corredera movido por una excéntrica.

Por ser *normal* este distribuidor, sus rebordes serán exactamente iguales á el ancho de las luces, y su concha exactamente igual á la distancia de las aristas interiores de las luces; la excéntrica se calará á 90° con la manivela. Para facilitar el cambio de marcha y evitar accidentes de rotura ó alteración en

su posición por causa de las grandes presiones que sobre él actúan, se disponen cuatro válvulas pequeñas *abcd*, Fig. 297, de las que *a* y *d* son para el caso en que la luz correspondiente se cierre demasiado pronto al escape, y *b* y *c* para cuando el cierre á la admisión se anticipe: aquellas impiden que el agua al comprimirse en el cilindro por descarga imperfecta sobrepuje en presión á la del agua motriz; estas evitan que se forme vacío en el cilindro por admisión incompleta, de modo que funcionan alternadas; es decir, *a* con *c* y *b* con *d*. Cuando las presiones á que actúa el agua motriz son muy elevadas, hay necesidad de emplear distribuidores compensados ó equilibrados análogos á los explicados en la distribución del vapor.

El empleo del aire comprimido en las máquinas se hace del mismo modo que si fuera vapor, puesto que el aire es completamente comparable al vapor en todos sus efectos menos en el de la condensación; por tanto, se podrá emplear el aire comprimido en todas las máquinas sin condensación, de alta presión y de expansión, de cualquiera de los sistemas que hemos estudiado.

LECIÓN LXIX.

**Locomotora.—Caldera.—Colocación y reposición de tubos.—
Instrumentos para ello.—Regulador.—Escape.—Soplador.**

La *locomotora* Figs. 356, 357 358 y 359, no es más que una máquina de vapor destinada á remolcar pesos de un punto á otro de un camino. Si este camino reúne condiciones especiales que le separan de los ordinarios, como son el tener fijas á él dos barras-carriles paralelas, toma el nombre de *camino de hierro* ó *ferro-carril*, y entonces la locomotora lleva guiadas sus ruedas en los carriles: si la locomotora se mueve en una carretera ó camino ordinario, las ruedas quedan sin guiar; en este segundo caso, la locomotora se adjetiva con el nombre de *para camino ordinario* ó *carretera*; en el primero no recibe calificación alguna, y se denomina simplemente locomotora.

Nosotros nos ocuparemos exclusivamente de estas, toda vez que aquellas no entran verdaderamente en el objeto de este curso.

Toda locomotora se compone de tres partes esenciales, que son: *generador de vapor*, *máquina propiamente dicha*, y *bastidor*, *soporte* ó *carro*.

La primera es la causa originaria del trabajo que se ha de producir; la segunda trasforma la potencia del vapor y la transmite á la tercera que, utilizando el trabajo mecánico producido y las resistencias que el mismo camino ofrece, pone en movimiento los pesos que se desea trasportar.

Entrando en el estudio de cada una de estas partes, poco tendremos que decir respecto á la primera, porque de ella nos hemos ocupado con suficiente extensión en la Lección XLI y siguientes y Lámina 12.

Allí dijimos que estos generadores se componen de caja de fuego, caja de tubos y caja de humos, é hicimos la descripción de todas ellas, señalando los puntos más salientes de su modo de construcción y las averías más comunes que en ellas suelen ocurrir, insistiendo más detenidamente sobre este último punto en la Lección LX. Así, pues, sólo daremos algunos detalles que no han tenido cabida en aquellas Lecciones.

La puerta del cenicero se abre más ó menos, á voluntad del maquinista, por medio de una varilla provista de una abrazadera, que se mueve longitudinalmente y que hace ocupar diversas posiciones á la puerta, haciéndola girar al rededor de su charnela.

La colocación de los tubos en su caja es una de las operaciones que más frecuentemente ha de practicar el maquinista, y por tanto, es preciso que la describamos detalladamente para su perfecto conocimiento.

Cuando la junta del tubo de latón con la placa se hace por medio de virolas de acero, hay que dar al agujero abierto en la placa una inclinación exactamente igual á la conicidad de la virola, que viene á ser $\frac{1}{40}$. Los agujeros abiertos en la caja de humos son de 0,^m 002 á 0,^m 004 mayores que los de la caja de fuego, á fin de que se puedan montar y desmontar con más facilidad. El espacio que media entre uno y otro agujero de una misma placa es de 0,^m 015 á 0,^m 020. Estas virolas se co-

locan comunmente tan sólo en la placa de fuego, mandrilando únicamente el tubo y rebatiendo exactamente sus bordes sobre la placa de humos; con lo cual se consigue que los pedacillos de carbón que han sido arrastrados por la fuerza del tiro del hogar, no queden dentro de los tubos, obstruyéndolos, y si caigan á la caja de humos.

Para colocar un tubo, se recuecen sus dos extremos en unos 0,^m 20 á 0,^m 25 de longitud; se estrecha el extremo que ha de ir del lado del hogar, por medio de un instrumento á propósito, Fig. 291, y el otro extremo del tubo se estrecha también martillándolo en el yunque ó con un mandríl cónico; se le dispone en su sitio de modo que sobren unos 4 milímetros por fuera de cada placa tubular; se introduce á la vez en cada extremo un mandríl de acero cónico, sobre el que se martilla hasta que el tubo se adhiera completamente á la placa; se rebaten ó doblan sus bordes sobre la cara anterior de la placa, valiéndose del instrumento, Fig. 292, que proporciona á este la figura *a b c*; se colocan las virolas en seguida con auxilio de un mandríl *ad hoc*.

Se introducen mandriles en los tubos próximos ya colocados y virolas en los agujeros abiertos de al rededor, con el fin de que no se deformen unos y otros mientras se aprieta la virola del tubo que se coloca.

Cuando hay que reponer un tubo se hacen saltar las virolas, bien introduciendo una barra por el otro extremo del tubo y golpeando sobre ella, bien cortando la virola y replegándola sobre sí misma.

La barra que se usa para echar las virolas termina uno de sus extremos en forma de pinza, cuyas dos ramas se apartan por medio de una cuña, Fig. 293, de hierro acodada, que obliga á la pieza á ajustarse exactamente contra la virola y que permite, por tanto, arrojarla fuera con facilidad cuando se golpea en el otro extremo de la barra.

Con los tubos de hierro no se emplean comunmente virolas, siendo lo más frecuente el que sus bordes se remachen sobre las placas estrechando su diámetro por el lado del hogar, de modo que el cuerpo del tubo venga á apoyarse sobre la cara interior de la placa tubular y mandrilando en seguida fuertemente el otro extremo del tubo, remachado sobre la cara opuesta, como lo demuestra la Fig. 294.

También se colocan soldando al extremo del tubo un anillo exterior ó un trozo de tubo de menor diámetro; esto último permite escoger un trozo de tubo de mayor espesor ó grueso y dar más superficie al remache, con lo que se consigue mayor duración en este punto, que tanto padece por estar al alcance de la llama.

Cuando estos tubos están inútiles se les repara, cortando sus puntas y añadiéndoles otros trozos de tubo de cobre ó de latón, que se sueldan á la parte util de aquél.

Esta operación se hace del modo siguiente: la extremidad del tubo que se ha de añadir se estrecha por medio de un anillo cónico, cuyo diámetro mayor es igual al diámetro exterior del tubo, y el diámetro menor igual al interior del mismo; después se afila en su extremo: se recuece el tubo de cobre, que tiene 85 milímetros de longitud, y se hace cónico en unos 45 milímetros, de modo que ajuste exactamente al extremo estrechado del otro tubo; se ensancha la boca así formada del tubo de cobre, para colocar en este hueco la soldadura, y se llevan los dos tubos así unidos, Fig. 295, al dardo de la llama de un horno de viento forzado, donde se verifica la soldadura; después se hace desaparecer esta boca y la soldadura sobrante, quedando ya el tubo en condiciones de ser probado en la prensa hidráulica y de ser empleado.

Tanto con los de latón como con los de hierro, debe procederse en el siguiente orden cuando se monte una caja de tubos. Lo primero de todo es colocar algunos tubos aislados de

distancia en distancia sin apretarlos fuertemente, para que sirvan de consolidación y fortaleza á las dos placas tubulares; después se comienza á colocar tubos en el borde de la placa, avanzando hácia el centro, con las precauciones antedichas de obturar tubos y agujeros próximos. Debe procurarse siempre que los tubos se ajusten sin necesidad de emplear el mandríl, porque las placas padecen más en caso contrario.

Cuando por causa de la frecuente reparación ó sustitución de un mismo tubo se ha ovalizado el agujero de la placa, ó se ha agrandado, y ya no es posible obtener con él una junta seca, entonces se le agranda más todavía, se le atornilla en su interior un anillo de cobre, que se remacha por ambas caras de la placa y que tiene en su centro un agujero del diámetro normal, en el que se coloca el tubo, como de costumbre.

Como hemos visto, el mandrilado de los tubos se hace á golpe de martillo; pero también puede conseguirse por laminado, empleando los *mandriles de expansión* indicados en las Figs 296 y 297.

Estos consisten en una caja *a* que contiene tres aros ó anillos de acero *b*, empujados hácia fuera, ó sea contra las paredes del tubo por un vástago cónico; todo este conjunto se coloca en su sitio por medio de un collar movil *d* que descansa sobre la placa tubular y que se fija á la caja *a*, de modo que los aros *b* se coloquen en todo el espesor de la placa tubular. Con una llave *e* aplicada en la parte cuadrada del vástago *c* se hace girar á éste y á los anillos que producen el laminado ó mandrilado deseado. Para retirar el aparato cuando ya se ha terminado, se hace mover la tuerca *g*, que hace subir al vástago aflojando el conjunto, y quedando libre el aparato para ser quitado.

Este procedimiento es el más ventajoso de todos, por la rapidez de su ejecución, y porque destierra el martilleo sobre la placa tubular.

Nada hay que decir respecto al cuerpo cilíndrico de la caldera, sino que se tenga cuidado de colocar siempre, en cualquier compostura, planchas de primera calidad en la parte inferior de él, por ser la parte que primero se destruye, sin duda por causa del continuo roce de las incrustaciones y depósitos que en su incesante movimiento desgastan el material; por esto conviene no escasear y colocar todo lo más bajo posible, los agujeros destinados al lavado de las calderas.

Las deformaciones, grietas y roturas que las chapas de una caldera presentan, exigen reparaciones que son ya pertenecientes al maquinista de taller, y por tanto, no nos ocupamos de ellas.

Sobre este cuerpo cilíndrico existen uno ó más *domos* ó cúpulas, que en esta clase de máquinas son más necesarios que en las demás, porque el poco espacio reservado á la cámara de vapor en la caldera y el continuo movimiento del agua de esta, por causa de las diversas posiciones que toma la locomotora en las rampas y pendientes, son causas que hacen no se pueda lograr nunca cantidad de vapor bastante y suficientemente seco. Este domo sirve también como agujero de hombre para el exámen interior de la caldera, sin perjuicio de que exista éste con independencia de aquél.

En este domo, y en su parte superior, es donde está la toma de vapor ó válvula *regulador* que permite el paso del vapor á los cilindros.

Este regulador se coloca en el extremo superior de un tubo que, atravesando la placa tubular anterior ó de humos, se eleva en el interior del domo. Si la máquina no tiene domo y si tubo agujereado de toma de vapor, entonces el regulador se coloca en un punto cualquiera de él. De todos modos, al salir este tubo de la caldera se bifurca en dos brazos para llevar el vapor á los dos cilindros, contorneando la caja de humos con

el objeto de no tapar las bocas ó extremos de los tubos de gases.

Este regulador puede ser de *tirador* ó de *válvula*. El primero consiste en una placa rectangular vertical, horizontal ó inclinada, con agujeros, sobre la que resbala una segunda placa con agujeros análogos á los de aquella: esta última se mueve sobre la primera en virtud de una palanca angular puesta en acción por medio de una varilla que el maquinista maneja á mano; esta varilla atraviesa el domo y la caja de válvulas por medio de los correspondientes prensa-estopas, Figs. 298 y 299.

Si la placa es circular, los agujeros serán en forma de segmentos, y el tirador será un disco de varias alas, movil al rededor de su centro, con auxilio de un paralelógramo articulado, que se mueve por medio de la varilla indicada. Si el regulador es de válvula, puede ser esta una válvula equilibrada, de movimiento vertical, ó una válvula movil en sentido horizontal, movida por una palanca que resbala sobre una guía helizoidal.

Cuando las placas rozadoras se han desgastado con el uso ó se han rayado con las materias sólidas arrastradas por el vapor, presentan escapes al vapor, que hay que corregir limándolas y pulimentándolas de nuevo.

También puede ocurrir esto mismo porque se haya roto ó alterado el resorte que aprieta á la placa movil contra la fija, ó por mal ajuste de sus piezas entre sí ó con la varilla y palanca, ó por juego existente en las articulaciones del mecanismo.

La corrección necesaria queda indicada por el mismo defecto.

Este escape de vapor á los cilindros puede provenir también de las juntas de los tubos de toma de vapor, y para conocerlo no hay más que cerrar el regulador cuando la caldera está en presión, y abrir los grifos de purga de los cilindros; si

por ellos sale vapor, el escape está en el regulador ó en las juntas superiores; si es agua lo que purga el cilindro, el escape está en la unión del tubo del regulador con el de conducción ó toma de vapor.

Estos tubos de conducción de vapor son simplemente de cobre ó bien de cobre forrados de chapa de hierro con tierra que rellena el hueco de entrambos, y se disponen, bien contorneando el exterior de la caldera, si esta no tiene domo, ó bien, si lo tiene, adaptándolos á la pieza fija que hay en la caja de humos y bifurcándolos á derecha é izquierda para enlazarlos con los que existen en las cajas de distribución.

Después que el vapor ha llegado á los cilindros y obrado sobre el pistón, se escapa á la atmósfera por medio de dos tubos que, contorneando también la caja de humos, se reúnen en uno solo, bien en la parte inferior, bien en la parte superior de esta caja. Este orificio de salida del vapor puede ser rectangular, circular ó anular, y es de área constante ó susceptible de hacer variable su sección á fin de permitir más ó menos salida al vapor, y arreglar, por tanto, el tiro del hogar, toda vez que estrechando el orificio de escape se aumenta la velocidad de salida del vapor, y por consiguiente la del aire aspirado; pero no debe abusarse de esto, porque no ha de olvidarse que la disminución en el área de los tubos de escape de toda máquina produce contrapresión en los cilindros, y por tanto, pérdida de fuerza motriz.

En el primer caso se denomina *escape fijo*: en el segundo, *escape variable*, ó *variable* simplemente.

El centro de este orificio de escape ha de corresponder con el eje de la chimenea.

Cuando el orificio es rectangular, el tubo termina en una pieza llamada *tobera*, que tiene dos de sus paredes dispuestas en válvula de charnela. que se mueven á voluntad por medio



de una varilla a , Fig. 300, que corre exteriormente á lo largo de la caldera y se enlaza á un mecanismo formado por dos ejes prolongados hasta el exterior de la caja de humos, los cuales llevan dos palancas b y c , enlazadas por una brida, para formar los dos brazos de una escuadra: cuando la varilla a se mueve longitudinalmente á voluntad del maquinista, la escuadra hace girar á los ejes y las válvulas se abren ó cierran más ó menos, según sea el sentido y la cantidad del movimiento dado á la varilla.

Cuando la máquina tiene dispuestos sus dos cilindros de modo que no haya más que una caja de distribución común á los dos, entonces no hay más que un tubo de escape de fundición ó de cobre, que se eleva hasta la base de la chimenea; en su parte superior lleva el escape fijo ó variable: este tubo es elíptico, con su eje mayor en el sentido del eje de la caldera, para no impedir la limpieza de los tubos.

Otras veces, aunque los cilindros tengan cada uno su caja de distribución, suele haber sólo un tubo de escape que arranca de una pieza fundida colocada en el suelo de la caja de humos, y encima de los dos tubos de escape de cada una de las cajas de distribución.

Cuando el orificio de salida es circular ó anular, el agujero de la tobera es cónico y en él entra, más ó menos un obturador ó tapón, cónico también, que al ser movido verticalmente aumenta ó disminuye el área de el escape.

Tanto los tubos como las toberas, hay que tenerlos constantemente limpios interior y exteriormente, para estar seguros de su buen servicio y de que no serán quemados por el carbón menudo que sobre ellos se deposita.

Además del escape, tienen todas las locomotoras, para forzar el tiro cuando están paradas ó su marcha es lenta, un tubo que, tomando el vapor de la caldera, lo lanza á la chime-

nea cuando se abre la válvula que posée. Esto es lo que se llama el *soplador ó ventilador* (1).

Este soplador desemboca en la chimenea, un poco por encima de la tobera, ó bien se arrolla al rededor del escape, dejando salir el vapor por unos pequeños agujeros abiertos en el tubo.

Otro de los aparatos reguladores del tiro, hoy poco usados, es el *registro de entrada de aire frio* en la caja de humos, con el objeto de disminuir el tiro tanto cuanto se abra éste. Este registro se abre más ó menos haciendo girar á un volantito que mueve una varilla análoga á la del escape variable.

Por último; existe también en la caja de humos, colocada inmediatamente encima de los tubos, una rejilla formada por barras delgadas de hierro, espaciadas en un centímetro, que impiden sea arrastrado al exterior el carbón menudo encendido que, procedente del hogar, hubiera atravesado la caja de tubos. Véase Lámina XII, corte trasversal.

(1) También se le suele llamar *tiraje*.

LECIÓN LXX.

Cajas de agua.—Tubo recalentador.—Alimentación con el Giffard.—Averías de éste —Hogar fumívoro.

Todos los aparatos accesorios de una caldera, como manómetro, tubos de nivel, grifos, válvulas de seguridad, etc, se disponen como ya hemos dicho, sin que, por tanto, sea necesario agregar nada á lo ya expuesto.

En el mismo frente de caldera, encima de la puerta del hogar, existe una placa de bronce Figs. 356 á 359, que tiene en su centro un tubo que se bifurca en dos ramas verticales á uno y otro lado de la puerta, con dos llaves que permiten el paso por ellos del vapor. Uno de estos tubos, llamado *tubo recalentador*, va á las cajas de agua de alimentación con objeto de calentarla, y el otro va al mismo punto ó se destina á producir la corriente artificial del hogar fumívoro ó á proporcionar el vapor necesario á el aparato de marcha á contravapor, de que ya hablaremos.

Los tapones fusibles se colocan atornillados en la parte superior del hogar.

El grifo de purga se coloca, como sabemos, en la parte posterior-inferior de la caldera, y además se disponen cuatro agujeros para el lavado en los cuatro ángulos de la caja de fuego exterior, y otros varios que se fijan en el cuadro que reúne las dos envolventes del hogar, cerrados por puertas autóclavas ó por taponés á tornillo.

La alimentación de la caldera se hace por medio de los inyectorés Giffard y bombas ó caballito de vapor, tomando el agua, bien de un depósito que puede estar colocado en un vehículo distinto de la locomotora, ó en esta misma. Cuando este depósito, llamado *caja de agua*, es llevado por la misma locomotora, es entonces doble y se coloca cada caja en la parte delantera de la caldera, á uno y otro lado de su eje longitudinal: cuando es llevada por otro carruaje, llamado *ténder*, entonces tiene comunmente forma de herradura, y se coloca en la parte posterior del mismo, dejando la anterior y el hueco central resultante para depósito de carbón.

En el primer caso están dispuestas estas cajas de modo que sean independientes de la caldera, para que no estorben sus movimientos de dilatación y contracción; y deben estar unidas por un tubo de comunicación, á fin de que el consumo de agua se haga por igual en cada una de ellas, por más que la toma se haga tan sólo en una cualquiera, y sea, por tanto, igual el peso que gravita sobre los dos lados de la locomotora; cosa que no sucedería si siendo independientes estas cajas, una de ellas se encontrara más llena que la otra.

En el segundo caso, hay necesidad de disponer el tubo de aspiración de las bombas ó del Giffard de modo que no se deforme ó rompa en el paso de las curvas del camino, y que pueda además aislarse de la máquina ó del ténder sin ocasionar una maniobra larga: esto se consigue haciendo que máquina y ténder tengan cada uno un trozo de tubo fijo á los aparatos de alimentación la una, y á la caja de agua el otro, uniendo el

primero y el segundo, por medio de dos tubos de enlace, con sus rótulas de goma vulcanizada, Fig. 301; *a* es el tubo de conducción del agua, y *b* el de vapor para calentarla, de que en seguida hablaremos.

Cada aparato de alimentación ha de tener su tubo propio de aspiración, que ha de terminar en el fondo de la caja de agua en la válvula de *toma de agua*, colocada en un asiento de bronce formando resalto con el fondo de la caja, para que no se obstruya ni entorpezca con los sedimentos que produzca el agua. Esta válvula se mueve por el maquinista, haciendo girar un volantito en que termina la varilla vertical de la válvula.

Del mismo modo cada aparato de alimentación tendrá su tubo independiente de impulsión con su válvula de retención. Desembocará en la caldera de modo que el agua de alimentación entre en su mitad delantera y en dirección paralela á los tubos.

El fondo de las cajas de agua debe ir provisto de uno ó más agujeros para el lavado completo de las mismas.

Estas cajas se llenan de agua introduciendo este líquido por unas aberturas circulares rodeadas de un reborde alto, á fin de que no caigan dentro los objetos próximos. En ellas hay colocados unos embudos perforados, de cobre, que sirven para retener las partículas gruesas que lleve en suspensión el agua. Cuando se levanta el embudo queda un *agujero de hombre* á propósito para el examen interior de la caja.

También tienen estas cajas dos ó tres grifos á distinta altura, que sirven para acusar el nivel del agua dentro de ellas y otro de gran diámetro cerca de su fondo, que se usa cuando se desea extraer gran cantidad de agua en poco tiempo, por causa de incendio, etc.

Por último, en estas cajas de agua entra el tubo que lleva el vapor de la caldera, con objeto de calentarla: al practicar

esta operación, debe tenerse presente que no conviene elevar la temperatura más de 35 á 40^oc si el aparato de alimentación es un inyector.

Para poner en marcha el inyector, modificado para su empleo en ciertas locomotoras, hay que arreglar primeramente la abertura anular de entrada del agua, subiendo ó bajando la *tobera*, ó sea el tubo cónico de llegada del vapor con auxilio del tornillo *G*, Fig. 175, hasta que una escala graduada que hay en el vástago, marque la misma cifra que señala el manómetro de la caldera; se abren en seguida la llave de vapor *Z* primeramente, y la de agua en el tubo *K*; se hace girar lentamente *la lanza* un cuarto de vuelta, y se pára hasta que cese el silbido que produce el vapor al atravesar el aparato, y despues se continúa haciéndola girar, ó sea abriendo por completo la salida del vapor. Si el ruido del vapor no hubiera cesado, hay que cerrar con *la lanza* y abrir de nuevo como hemos dicho: siempre hay que hacer girar con suavidad á la lanza para que no se rompa si se le imprime un movimiento brusco.

Si el manómetro acusara otra presión distinta de la que antes tenía, es preciso variar igualmente la posición de la escala del vástago con el movimiento del tornillo *G*. Para cesar en la alimentación, se cierran las llaves de paso de agua y de vapor y la lanza por el orden expresado.

Si se observara que no funcionaba bien el inyector, se verá si consiste en excesiva temperatura del agua, en que se haya calentado el inyector, ó en que hayan entrado dentro del aparato algunos cuerpos sólidos. La primer causa es facilmente perceptible, con sólo medir la temperatura del agua, aunque sea introduciendo en ella la mano, si no se dispone, como es lo general, de termómetro. La segunda ocurre, cuando por haber cerrado mal con la lanza ó con la llave *Z* hay escape de vapor, ó bien cuando al principio de ponerlo en marcha se abre demasiado rápidamente con la lanza; en todos estos casos

se calienta interiormente el aparato y no se condensa el vapor; su corrección consiste en rociarle exteriormente con abundante agua fresca ó envolverlo en trapos que se refrescan con agua continuamente. La última causa es originada ó por las materias depositadas por el agua en su caja, ó por pedacillos de carbón ó de metal que pueden haber entrado dentro de la caja de agua al llenarla, y que despues salen arrastradas por la fuerza de absorción del inyector: para evitar esto deben siempre emplearse rejillas de detención colocadas en sitios convenientes y su corrección no puede hacerse más que desarmando el aparato.

Algunas veces sucede que al subir rápidamente la lanza choque la parte lisa superior de su tornillo con el fondo de su caja de estopas y se rompa; en este caso la llave *Z* ha de sustituir con su movimiento lento á la lanza para la admisión gradual del vapor.

Si al cerrar con la lanza la tobera se hiciera con demasiado fuerza, se rompería aquella, quedando retenida en esta y obturando por completo el orificio; entonces hay que desmontar la tobera, retirar las partes rotas y si es preciso la parte superior de la lanza, sustituyendo su tuerca prensa-estopas con un tapón de madera ó con una bola de estopa ó filástica que impida la salida del vapor; la alimentación se hace entonces con la llave *Z* como acabamos de decir.

Si la tobera tuviera su agujero demasiado grande ó se hubiera rajado, no es posible alimentar y hay que parar la máquina y desahogar la caldera á no ser que se disponga de un segundo inyector ó bomba de reserva.

Cuando al mover el tornillo *G* para graduar la cantidad de agua, se notara que éste no gira, se averiguará la causa y se correjirá provisionalmente como sea posible; pero si esto no pudiera hacerse, se retiran las tuercas que sirven para fijar los

conos, según la escala, y se mueven estos en la cantidad deseada.

Los aparatos fumívoros más empleados en las locomotoras son los de Tembrinck y Thierry. El primero consiste en un pequeño hervidor lleno de agua que se coloca inclinado en el hogar, con el objeto de detener la marcha de la llama obligándola á que bañe antes toda su superficie, con lo que se da lugar á su más completa combustion.

El segundo es un tubo horizontal *a*, Fig. 302, de veinte y cinco milímetros de diámetro interior que se coloca horizontalmente en la pared interior del hogar, de modo que sea tangente á el marco de la puerta; éste tubo tiene seis ú ocho agujeros de dos milímetros, inclinados diversamente para que al salir por ellos el vapor se forme una superficie continua encima del combustible.

En el centro, y á escuadra en él, enchufa otro tubo *b* de igual diametro encorvado verticalmente, que va á reunirse á otro tubo *c* que trae el vapor de la caldera.

El tubo *b* está provisto de un grifo *d* de construcción particular, que permite sea al mismo tiempo que de paso al vapor, depurga á las impurezas y agua depositadas en el tubo, que salen al exterior por un orificio á propósito.

La Fig. 303 representa una rejilla de locomotora, en la que la parte mayor *a* es fija y la menor *b* giratoria al rededor del eje *c*, el cual se mueve por medio de una varilla al alcance del maquinista.

Esta disposición permite mantener constantemente limpio un hogar profundo, como los de locomotora, toda vez que basta traer el fuego á la parte fija, llevar la suciedad á la parte movil y arrojarla á la vía, haciendo bascular esta parte movil de rejilla.

LECCION LXXI.

Mecanismo.—Cajas de grasa.—Aparato de cambio de marcha de tornillo.—Arreglo y verificación de la distribución.

La segunda de las partes que constituyen una locomotora, es el *mecanismo* ó sea la *máquina propiamente dicha*.

Esta es una máquina de vapor de dos cilindros conjugados horizontales ó inclinados, de alta presión, sin condensación y de expansión variable por la corredera.

El trabajo ejercido por el vapor sobre los pistones de los cilindros, se trasmite por intermedio de biela y manivela á un eje que lleva en sus extremos dos ruedas fijas á él; este eje y estas ruedas se denominan *eje motor* y *ruedas motrices*.

Los coginetes que en ambos extremos del eje existen, forman parte integrante del aparato lubricador que se denomina *caja de grasa*.

Cada uno de estos órganos principales va adornado de todos aquellos accesorios que son indispensables para su buena marcha, como son: engrasadores, prensa estopas, grifos de purga, etc.

Estos cilindros pueden ser exteriores ó interiores á las ruedas del bastidor ó carro de la locomotora; en el primer caso,

la estabilidad del conjunto es mayor que en el segundo, y además se inspeccionan y reparan con facilidad mayor. Esta sola posición de los cilindros ha hecho que las locomotoras se clasifiquen en de *cilindros exteriores* y de *cilindros interiores*.

Claro es que las segundas exigen que el árbol ó eje motor sea dos veces acodado para recibir las dos bielas llamadas *motrices* que le enlazan con el vástago del pistón; y que las primeras tienen el eje motor recto y las bielas se unen á las ruedas motrices por medio de botones dispuestos á propósito, y que constituyen las manivelas que hacen girar á las ruedas, y por tanto, al eje motor.

Como en las lecciones anteriores hemos descrito detalladamente cada uno de todos estos órganos y la manera de montarlos y enlazarlos, sólo nos ocuparemos ahora, con objeto de evitar repeticiones inútiles, y aun con el propósito de no dar al estudio de la locomotora una extensión impropia del objeto de estas lecciones, de aquellos órganos que, ó no existen en las máquinas fijas, ó se diferencian notablemente de aquellos en algunas de sus circunstancias, cualidades ó modo de obrar.

Así es, que tenemos en primer término la caja de grasa, de cuyo estudio vamos á ocuparnos, tomando como tipo una cualquiera de entre las muchas y distintas que se conocen en los diferentes países y ferro-carriles.

En general las cajas de grasa se dividen en dos clases: aquellas en que se emplea como lubricante la grasa sólida, y aquellas en que se usa el aceite: se componen de tres partes, la caja propiamente dicha, el fondo y el coginete (1). La caja no es más que una capacidad, Fig. 304, que encierra la materia de engrase y el coginete, que resbala verticalmente á lo largo de dos guías que se aplican en sus costados laterales *a*,

(1) Tanto en esta Lección como en las sucesivas, consúltense las Figuras 356 á 359.

y que en el centro de su parte superior lleva un tope ó una cavidad *b*, que sirve de apoyo á la barra de suspensión del resorte, de que después hablaremos.

El fondo de la caja sirve para resguardar al eje del polvo y materias extrañas: tiene la forma de un coginete ó cubeta, que no llega á ponerse en contacto con el eje, y que se sujeta á la caja por medio de dos pasadores *d*.

El coginete se mantiene dentro de la caja, descansando sobre la parte superior del *cuello* ó *husillo* del eje: son de bronce ó metal blanco, y tienen unas escotaduras *a a*, Fig. 305, en las que se echa fundida una composición de 2,80 de cobre, 5,60 de antimonio y 91,60 de estaño: tiene dos partes salientes *b* que penetran en dos cavidades de la caja de grasa, y aún otras cuatro más pequeñas *e*, con las que queda abrazada la caja al coginete; tiene los extremos *d d* separados hácia afuera, para que sólo quede abrazado por el coginete las dos quintas partes de la superficie lateral del *husilo* del eje, y redondeados para no chocar contra el ensanche ó collar del husillo y del eje al pasar por las curvas.

El engrasado puede hacerse por la parte superior del eje, por la inferior ó por las dos á la vez. La Fig. 304 es un ejemplo de este último sistema: la materia lubricante se coloca en una cavidad *c* cerrada, para que no penetre el polvo que tiene en su fondo dos agujeros *e e*, que comunican con otros más pequeños que atraviesan el coginete en todo su espesor, terminando en su cara interior cilíndrica en unos canalitos muy finos dispuestos en forma de pata de araña.

En el fondo de la caja se dispone un cepillo formado de borra de algodón, una maraña de algodón ó unas mechas *ad hoc*, que están constantemente empujadas contra el eje por dos pequeños resortes *g g*; este algodón recoge el aceite que cae del lubricador superior ó el que se coloca á propósito en este fondo de caja.

La Fig. 306 señala una caja de grasa de un vehículo cualquiera de este mismo sistema, pero de forma distinta.

Estas cajas de grasa de sistema misto pueden disponerse de modo que el engrase ordinario y continuo con aceite sea inferior, y el superior, con grasa, sirva de reserva ó repuesto para el caso en que llegara á agotarse aquél. Esta grasa, compuesta de 60 % de sebo, 16 % de jabón común, 6 % de sosa y 18 % de agua, se coloca en la capacidad superior; los agujeros del fondo se tapan con tapones de un metal muy fusible, ó mejor aún de jabón duro, y si el eje llega á calentarse se funden estos tapones y la grasa, y cae esta gota á gota sobre el husillo ó cuello del eje.

Con el objeto de facilitar á la locomotora el paso por las curvas del camino, se deja un pequeño juego entre el eje y su coginete ó entre la caja de grasa y sus guías; también se usan los *planos inclinados*, que se colocan entre el cuerpo de la caja y la parte superior del coginete, principalmente en los ejes delantero y trasero; una vez pasada la curva, todo el sistema vuelve á su situación normal. También se emplean con este objeto las cajas llamadas *radiales*, porque sus lados son curvos, así como las guías sobre que resbalan, ó bien porque si aquella tiene sus lados y guías rectos como los ordinarios, son entonces curvos los lados del coginete y se mueven dentro de la caja según un arco de círculo análogo al que tendrían las guías; todas las cajas radiales llevan planos inclinados.

Todas estas cajas se limpian periódicamente sumergiéndolas en un baño alcalino (potasa, sosa) á una temperatura elevada, á fin de disolver las grasas; después se bañan en un agua ligeramente ácida para limpiarlas bien, y por último, se lavan con agua fría.

Otro de los aparatos que sufren modificación en las locomotoras, es el de cambio de marcha de la máquina. Este es or-

dinariamente como el que ya hemos descrito en la corredera de Stephenson, de palanca y sector, con muescas á uno y otro lado del punto muerto; pero en la mayoría de los casos se va ya sustituyendo por el *de tornillo*, porque con este desaparecen las dificultades que aquél ofrece.

Este aparato se compone de una armadura *a*, Fig. 307, sujeta al bastidor de la máquina, que lleva fijos en su parte superior dos coginetes que soportan un tornillo *b*, que se hace girar por medio de un volantito-manubrio *c*; una tuerca *d* colocada en el tornillo se mueve longitudinalmente cuando este gira, y una barra unida á esta tuerca por medio de dos pernos *e*, trasmite este movimiento directamente ó por intermedio de una palanca al árbol que mueve la corredera: una escala en cobre *h*, graduada, en la que señala un índice de esta tuerca, expresa en décimos de la corrida del pistón la marcha del distribuidor, ó sea la introducción del vapor.

Para fijar la palanca de cambio en el punto conveniente, lleva uno de los coginetes del tornillo una rueda ó círculo con muescas *e*, en las que entra una llave de resorte *g* que lleva el manubrio, análoga á la de la palanca de la corredera de Stephenson. La Fig. 308 detalla este manubrio.

Con este aparato se logran las ventajas siguientes: conseguir gran suavidad en la maniobra, que no exige ni fuerza ni habilidad, y que puede hacerse con una sola mano: desaparece el peligro que existía para el maquinista si al cambiar bruscamente el sentido de la marcha no lograba conseguirlo, pues entonces la palanca le hería gravemente al volver con rapidez á su anterior situación: exige la tercera parte del tiempo, sólo tres segundos en vez de nueve, que necesita la palanca ordinaria: no es preciso cerrar el regulador, y la maniobra resulta menos brusca: la expresión de la cantidad de vapor introducido acusado por la escala graduada, da una idea más exacta que las muescas del sector de la palanca común, y tiene la venta-

ja de que con sólo observar esta escala se conoce el modo de funcionar el distribuidor, al paso que con la inspección de las muescas nada se sabe, si no se ha estudiado de antemano la máquina de que se trata: y por último, la variación en la corrida del distribuidor es por grados insensibles y permite, por tanto, arreglar con más precisión el consumo de vapor y la velocidad.

Cuando las locomotoras son de gran fuerza, se hace todavía difícil el manejo del aparato de cambio de marcha á tornillo, por ser muy grandes las resistencias que ofrecen las grandes dimensiones de los distribuidores de los cilindros, y por el mucho peso del mecanismo del cambio de marcha, y para facilitar esta maniobra se le añade al tornillo un *contrapeso de vapor* formado por un cilindro *a*, Fig. 309, colocado en el mismo eje del husillo, en el que se mueve un pistón con dos vástagos *b* enlazados con tuerca á la tuerca *c* de éste; el vapor obia sobre una ú otra cara de este pistón, por medio del movimiento del volantito del manubrio, el cual no es ya de muescas y llaves de resorte, sino de dos topes que arrastran en su giro al tornillo, y dispuestos de tal modo, que se produzca un desplazamiento del volante al pasar del movimiento hácia la derecha al de la izquierda; este juego ocasiona un desplazamiento longitudinal en el núcleo ó cubo del volante, que está roscado y en forma de tuerca: este movimiento longitudinal del volante es el que mueve el distribuidor del cilindro *a*, por medio del collar *e* y de la varilla *d*.

A fin de aumentar ó disminuir cuanto se quiera la potencia de este contrapeso, se dispone en la caja de distribución del cilindro una válvula doble, compuesta de la *n*, que es de movimiento vertical de arriba abajo, para dejar penetrar el vapor de la caldera á la caja de distribución y de la *m*, que no es más que un pistón enlazado con la anterior *n* por uno de sus vástagos, cuya cara inferior sufre la presión del vapor en

la caja de distribución, y la cara superior, la de la atmósfera y la de un resorte de tirabuzón, que se gradúa por la tuerca *t*. De este modo podremos hacer la presión en la caja y cilindro mayor ó menor, á voluntad, y por tanto, mayor ó menor la potencia ó el trabajo del pistón, ó sea del contrapeso de vapor.

Como el arreglo ó montaje de la distribución en una locomotora es el punto más exacto y en el que mayor cuidado se ha de tener por el maquinista conductor para no consumir mayor cantidad de vapor, y por consiguiente de combustible, de la debida, daremos más detalles sobre el modo de arreglarla.

Tres métodos pueden seguirse, que son:

1.º Se levanta la tapa de la caja de distribución, se coloca la palanca de cambio de marcha en la segunda ó tercera muesca ó división, se mueve la locomotora suavemente hasta que la manivela del eje motor esté exactamente en el punto muerto de delante y de detrás; se introduce fuertemente con la mano una cuña de plomo entre el borde exterior de la concha ó distribuidor y el de la luz descubierta; se mide el espesor de cuña que acusa la cantidad de luz descubierta por la impresión que en ella ha quedado marcada; y si estos espesores no son iguales en las dos cuñas, se mueve el distribuidor por medio de las tuercas de corrección, hasta que las dos luces extremas se descubran en cantidades iguales, es decir, hasta que se logre conseguir un avance á la introducción igual para los dos sentidos de la marcha.

2.º Otras veces se hacen simétricas las dos posiciones extremas del distribuidor, con relación á las luces; es decir, que las dos luces extremas se descubran en iguales cantidades en aquellas situaciones, y esto se consigue colocando la palanca de cambio de marcha en la división escogida, que es la más frecuentemente usada en marcha normal, por ejemplo, la segunda, se mueve la locomotora para que sus ruedas den una

vuelta completa y se miden las luces descubiertas, como antes hemos dicho; si no son iguales, se corrije la diferencia con las mismas tuercas.

3.º Algunas compañías de ferro-carril marcan en sus instrucciones la manera de proceder sus maquinistas en este caso, y como ejemplo, consideraremos una máquina cuyo aparato de cambio de marcha es de tornillo; las operaciones que hay que hacer y el orden con que se ejecutan, son:

a. En las guías de la cruceta del vástago del pistón se marca la corrida exacta de éste eligiendo un punto cualquiera de esta cruceta para determinar esta longitud, que se divide en diez partes exactamente iguales y se numeran.

b. Se mueve la máquina hacia adelante hasta que el punto elegido de la cruceta coincida con una de aquellas divisiones que de antemano hemos escogido; la tercera ó cuarta generalmente.

c. Se hace girar el tornillo del aparato de cambio de marcha en sentido de adelante, hasta que el distribuidor efectuando su corrida hácia atrás, empiece á cerrar la luz de admisión correspondiente á la cara posterior del pistón.

d. Se mueve la máquina hasta que el pistón, despues de haber acabado la carrera directa ó adelante, venga en su corrida de retroceso á ocupar la posición simétrica de la anterior; se vé si en esta situación la otra luz de admisión, correspondiente á la cara anterior del pistón, comienza á ser cerrada, en cuyo caso la distribución está bien arreglada; si no fuera así, se hace variar por tanteos la longitud del vástago del distribuidor por medio de su tuerca de corrección en parte y en otra parte variando la posición de la concha por medio de la tuerca del tornillo de cambio de marcha, hasta obtener, con el auxilio de ambas correcciones, la simetría buscada.

Es evidente que para cualquier otra posición ó muesca de la palanca de distribución, no serán simétricas ya las po-

siciones extremas del distribuidor y si sólo aproximadas.

De aquí se deduce que debe elegirse, con conocimiento exacto del servicio que ha de prestar la locomotora, el punto de la corrida del pistón en que se debe regularizar la admisión; regularmente se hace á los tres ó cuatro décimos de la corrida del pistón, según ya hemos dicho.

La escala del tornillo del cambio de marcha se divide del modo siguiente: sobre esta regla de cobre se pega una tira de papel blanco y se coloca al pistón en un extremo de su corrida; se mueve la locomotora hácia adelante hasta que el pistón marque con el punto elegido en su cruceta la primer división marcada en las guías; se coloca la tuerca del tornillo de cambio en la mitad de la longitud de éste, y se le hace girar de izquierda á derecha hasta que quede cerrada la luz de admisión, en cuyo momento se señala en la tira de papel la posición del índice de la tuerca; se mueve de nuevo la máquina hasta que la cruceta marque la primera división de la corrida retrógrada ó inversa, y del mismo modo se señala en el papel la nueva posición del índice de la tuerca. Si las dos rayas marcadas en el papel coinciden, se anota esta división con el número 1; si no coinciden, se divide por mitad el intervalo que las separa, y esta será la primera división.

Se hace lo mismo para las ocho divisiones restantes, y tendremos así la graduación para la marcha adelante.

Si se mueve la locomotora hácia atrás y se hace girar el tornillo del cambio de marcha de derecha á izquierda, y se procede de igual modo, tendremos la graduación de la escala para la marcha atrás. Se coloca la división cero en la mitad de la distancia que separa á las primeras divisiones de la marcha adelante y de la marcha atrás; este cero se considera como correspondiente al punto muerto.

Esta operación exige, como hemos visto, mover la locomotora hácia adelante y hácia atrás en cantidades precisas, y

esto exige mucho cuidado y muchos hombres, por lo cual se sustituye esta operación con la de hacer girar solamente á las ruedas motrices por medio de un aparato, Fig. 310, que consiste en un arbol cilíndrico *a* terminado en sus dos extremos en un cuadrado, al que se fija ajustado un rodillo *b*; este arbol gira libremente dentro de dos coginetes *c* que están provistos de dos tornillos de calado, que varían en sentido vertical la situación del arbol, según su mayor ó menor calado; se hace girar este arbol por medio de una ruedecilla *d* llamada *chicharra* ó *catraca*, colocada en medio, y las ruedas motrices giran con él cuanto se desee.

Pero antes de hacer esto deben fijarse las ruedas de delante y detrás é introducir entre sus cajas de grasa y los largueros del bastidor, cuñas de hierro bastantes para que no varíe la altura de la máquina; deben también descargarse los resortes de suspensión de las ruedas motrices, y por último, cuidar que las empaquetaduras no estén demasiado apretadas y que los coginetes *c* descansen en superficies bien planas.

Hecho esto no hay más que apretar los tornillos de presión para que las ruedas motrices suban un poco sobre el carril y puedan girar facilmente con el arbol *a*.

LECCION LXXII.

Cambio de marcha, sistema Allan.—Diagrama de Zeuner, para la distribución.—Diagrama automático.—Dianomégrapho.

En la Lección L hemos descrito los tres aparatos de cambio de marcha más frecuentemente usados, tanto en las máquinas fijas como en las locomóviles; pero no nos hemos ocupado de otro aparato para el cambio de marcha muy usado en las locomotoras, que es el de corredera recta, ó de Allan ó Trick, que vamos á describir ahora.

Este aparato es un intermedio entre los de Stephenson y de Gooch, puesto que se mueven á un mismo tiempo el dado y el bastidor, pero en sentido contrario, subiendo el uno cuando el otro baja, y vice-versa. En él, Fig, 311, el bastidor $a b$, que era un arco de círculo, es ahora recto, y en él se mueve el dado articulado por intermedio de un tirante $c g$, al vástago de la distribución; este vástago y el sector se unen en articulación a y d por intermedio de dos tirantes $a h$ y $d h'$ á la palanca de tres brazos desiguales $h h' e$, la cual se mueve por medio de la barra ó tirante enlazada en e , al rededor del punto o . Si las barras de las excéntricas están cruzadas, crece el avance lineal á medida que aumenta el grado de expansión, y si están

abiertas, sucede lo contrario, de un modo análogo á lo que ocurre con la de Stephenson.

En la Lección XLIX dimos á conocer un método que indicaba las posiciones respectivas del distribuidor y del pistón; hoy vamos á explicar otro diferente, que nos representará también todas las fases de la distribución en una corrida completa del pistón. Es el diagrama polar de Zeuner

Sobre una recta $A O A'$, Fig. 312, que representa la corrida del pistón, levantamos la perpendicular $B B'$; tiremos la línea $C C'$ formando con $B B'$ el ángulo de avance x de la excéntrica, y tracemos una circunferencia sobre cada radio $O C$ y $O C'$: desde el centro D tracemos dos circunferencias con los radios $O D$ y $O E$, iguales á los recubrimientos exterior é interior del distribuidor, y tendremos que en los puntos a y b en que estas circunferencias cortan á la que se traza con el diámetro $O C$, nos darán el principio del escape y de la admisión, así como las posiciones respectivas $O a m$ y $O b m'$ de la manivela y las del pistón si los puntos m y m' los señalamos en el diámetro $A A'$ por medio de arcos de círculo $m n$ y $m' n'$ trazados con un radio igual á la longitud de la biela motriz, según dijimos en la citada Lección XLIX.

Es decir, que cuando el pistón y la manivela están en A , el distribuidor se ha separado de su posición media en la cantidad $O F$; la luz de admisión se ha abierto en la cantidad $D F$, que es el avance lineal á la introducción correspondiente al avance angular dado x , y la luz de escape está descubierta en la cantidad $E F$. En cualquier otra posición, $O C$, por ejemplo, tenemos la máxima admisión $G C$ y emisión $C H$; en $O m^2$ cesa la admisión y comienza la expansión, siguiendo abierta la luz de evacuación; en $O n^2$ se cierra esta última, la emisión, y empieza, por tanto, la compresión, que dura hasta la posición $C^2 C^3$, que es la situación media siguiente del distribui-

dor, en la que las dos luces están de nuevo cerradas; siguen marchando pistón y distribuidor, y vemos que empieza á abrirse la luz de escape en a^2 y la de entrada en b^2 , puntos que son simétricos con los a y b de la corrida anterior, y siguen repitiéndose inmediata y sucesivamente las mismas bases de la corrida anterior.

Este es el diagrama teórico de la distribución, y cuando se quiere tener el verdadero, es decir, el que corresponde al estado y disposición, bueno ó malo, del distribuidor, ó sea cuando se quiera conocer la distribución del momento, se traza el diagrama *automático* del modo siguiente: En el extremo del eje motor, ó sobre el cuerpo de una rueda, si se prefiere esta, se fija un disco de papel bien extendido: en su plano diametral, y paralelo al vástago del distribuidor, se coloca una reglita que se guía exactamente en línea recta, y que tiene en su extremo una punta cortante ó un lápiz.

Esta reglita se liga al vástago del distribuidor de modo que marche con él, y es claro que al hacer girar á la manivela una vuelta, la punta cortante ó el lápiz marcarán en el disco de papel una curva cerrada que teóricamente es un círculo; curva que nos representará exactamente la marcha del distribuidor, puesto que la punta que señala ó marca se aleja ó se aproxima al centro del disco en cada posición angular de la manivela, una cantidad absolutamente igual á la en que el distribuidor se aleja ó se aproxima de su posición ó punto central.

En seguida hacemos al distribuidor independiente del movimiento del resto de la máquina, es decir lo inmovilizamos; hacemos coincidir su arista exterior de delante, por ejemplo, con la arista exterior, ó correspondiente á la cara anterior del pistón, de la luz de admisión, de modo que la concha esté en la situación de empezar á cesar la admisión de vapor; damos una vuelta á la manivela y como el distribuidor está inmovil,

habremos descrito el círculo correspondiente á la arista exterior del recubrimiento $O D$, en la Fig. anterior, que cortará á la curva diagrama en dos puntos que corresponden al principio y fin de la admisión, y los radios de estos puntos son las posiciones correspondientes de la manivela.

Se hace coincidir en seguida y sucesivamente las demás aristas de la concha con las del espejo y obtendremos así cuatro circunferencias, dos para cada recubrimiento.

Es claro que si hubieramos tenido las dimensiones de estos recubrimientos, no habría habido necesidad de trazar automáticamente estas cuatro circunferencias, porque despues de levantado el disco de papel las hubiéramos trazado sobre el tablero de dibujo con los datos de la concha.

Así en la Fig. 313, tenemos la curva diagrama automática $a b c d$, la circunferencia de radio $O C$, que representa la *curva origen*, es decir, la correspondiente á la posición central ó media del distribuidor; las circunferencias de radios $O A$ y $O A'$, que representan la arista del recubrimiento exterior en las caras anterior y posterior del pistón equidistantes de la curva *origen* y las otras dos circunferencias $O B$ y $O B'$, que señalan la arista del recubrimiento interior en las dos caras del pistón. La admisión y expansión se verifican por la arista exterior, y la evacuación y compresión por la arista interior: así los puntos de intersección de la curva automática $a b c d$, con estas circunferencias, marcarán el principio y fin de estos períodos, y la parte de radio comprendida entre ambas, la cantidad en que se descubre la luz correspondiente. Así, en media vuelta de manivela, ó sea en una corrida del pistón, tenemos que cuando aquella está en el punto muerto A , la luz de admisión está abierta en $x x'$ y la emisión en $x B'$; si la manivela pasa de A á A^1 , las luces de admisión y emisión crecen, y son $x^2 x^5$, $x^2 z$; llega la manivela á A^2 y la luz de admisión se cierra, siguiendo abierta en $z' z'$ la evacua-



ción, que se cierra por completo en A^5 , y empieza la compresión, que dura hasta que la manivela llega á A^4 , en que empieza de nuevo el avance á la admisión, hasta que la manivela acaba su semi-revolución ó el pistón llega al otro punto muerto A' . El avance al escape es $z^2 z^2$.

En la corrida inversa se reproducen las mismas fases, según indica el rayado de la figura.

Para el trazado automático de la regulación de una distribución, de cualquier sistema que sea, existe un aparato llamado *Dianomégrafo*, en cuya descripción no entramos porque su empleo, aunque muy útil, es más propio del constructor de máquinas que no del maquinista conductor.

LECCION LXXIII.

Ejes.—Ruedas.—Adherencia.—Resistencia de un tren.—Ruedas acopladas.—Cálculo de la carga que gravita sobre cada eje.—Bielas de acoplamiento.—Contrapeso en las ruedas motrices.—Avan-tren.

Hemos dicho que en el *eje motor*, sea recto ó acodado, van montadas dos ruedas, que son las que se denominan *motrices*, que tienen por objeto trasformar en movimiento rectilíneo de traslación el movimiento alternativo-rectilíneo del pistón.

Estos ejes no pueden ser fijos y las ruedas giratorias al rededor de el, como sucede en los carruajes ordinarios, porque entonces el rozamiento producido entre eje y rueda desgastaría el ojo de esta y tomaría posiciones falsas sobre la vía, que ocasionarían peligro en todo el tren: son, por consiguiente, solidarios rueda y eje, y ambos giran á la vez: por esta razón se llaman *eje ó ruedas montadas*.

Los ejes pueden ser como los de la Fig. 314, que no sobresalen de las ruedas, ó como los de la Fig. 315, que sobresalen de la rueda.

En el primer caso, el *cuello ó husillo*, que es la parte abrazada por la caja de grasa, está separada del *cuerpo* del eje por

un *collar*, y está interior á la rueda; en el segundo caso, el *cuello* está con su caja de grasa exterior á la rueda.

Además de estas ruedas, que por lo menos son dos, y cuando más son doce, existen otras que se denominan *libres*, así como los ejes en que van montadas, porque su objeto no es otro que el de sostener la locomotora, sirviéndole de soportes sobre los carriles de la vía: este número de ruedas libres disminuye á medida que aumenta el de las motrices, hasta el punto de reducirse á cero cuando todas las que tiene la locomotora son motrices.

Estas ruedas pueden ser de hierro forjado, acero ó colado, y se componen de tres partes, cubo, llanta y cuerpo de la rueda, que puede ser macizo ó de rayos, Figs. 314 y 316; la primera es de grueso ó dimensiones trasversales mayores que las otras, para que sea más fácil y permanente la unión con el eje.

El montaje de las ruedas sobre su eje se hace en fábrica á presiones de 40 á 80 toneladas, y por tanto, no es esta operación de la incumbencia del maquinista conductor.

La llanta de la rueda va rodeada exteriormente de otra fija á aquella con pasadores ó tornillos, formada de una materia más dura y tenaz, acero ó hierro muy duro, que es la que roza sobre el carril; esta segunda llanta ó aro va adornada de un *reborde saliente ó pestaña* que la guía sobre el carril, obligándola á marchar en la dirección en que este está colocado. El perfil ó corte de esta llanta depende de el de los carriles que se usan; pero en general puede decirse que su ancho es un poco mayor que el de la llanta interior, su espesor de cinco á seis centímetros, y la altura de la pestaña varía entre veinte y cinco y treinta y cinco milímetros, contados desde la cara superior del rail.

En su perfil, Fig. 314, 315, 316 y 317, se ve que la cara que está en contacto con el carril no es cilíndrica sino cónica, de $\frac{1}{20}$ de inclinación, con el objeto de facilitar el paso por las cur-

vas. En efecto, en toda curva la longitud del carril exterior es mayor que la del interior, y por tanto, es preciso que sin cambiar la velocidad angular de las ruedas, marche más deprisa la rueda exterior que la interior; es decir, tenga aquella mayor velocidad en su llanta que ésta; circunstancia que se obtiene haciendo que sus radios sean desiguales por causa de la conicidad de la llanta y del efecto de la fuerza centrífuga. Así es que al entrar la máquina en una curva, la fuerza centrífuga que se desarrolla echa hácia fuera á ambas ruedas, aumentando el diámetro á la exterior y disminuyéndolo á la interior.

Este efecto, combinado con el que produce el juego que con el mismo fin se proporcionó al eje en su caja de grasa, permite que no haya resbalamiento al mismo tiempo que giro en las ruedas exteriores, como de otro modo tendría que suceder.

El número de ruedas motrices que ha de haber en una locomotora, depende del trabajo resistente que haya de vencer, y para comprender esto consideremos que si en vez de apoyarse la locomotora sobre las ruedas descansara sobre apoyos fijos de tal altura que no permitieran tocaran las ruedas al carril, entonces al funcionar el pistón en el cilindro las ruedas motrices girarian con el eje motor, á manera de dos volantes gemelos.

Si en vez de apoyos fijos para sostener la locomotora, damos á esta, ruedas distintas de las anteriores, claro es que en nada habremos variado el ejemplo, pues las ruedas primeras seguirán girando como volantes.

Hagamos ahora que las ruedas motrices toquen á los carriles; claro es que al girar estas rozarán contra aquellos y se engendrará, por tanto, una fuerza resistente que se llama *adherencia*; y es claro que si esta fuerza es muy grande, con relación á la motriz, la rueda no girará, ó bien que si es muy pequeña comparada con la de la potencia, la rueda seguirá gi-

rando tangente al carril, aunque con menor velocidad que si no le tocara, poniendo en contacto con el carril todos los puntos de su circunferencia; es decir, *patinará*.

En el caso en que la fuerza de este rozamiento sea tal que ni impida por completo las revoluciones de las ruedas ni tampoco esté en simple tangencia con los carriles, es evidente que las ruedas girarán poniendo en contacto con puntos sucesivos de los carriles, puntos también sucesivos de su circunferencia; y por tanto, estando aquellos fijos, estas tendrán un movimiento de traslación sobre ellos, convirtiéndose así el movimiento rectilíneo alternativo del pistón en rectilíneo continuo de la misma máquina.

Como todas las partes de la máquina están unidas entre sí, y todos los carruajes y pesos que se han de trasportar lo están también unos á otros, y todos á la misma máquina, es claro que toda la resistencia que el *tren* ofrezca, estará concentrada sobre la máquina, ó mejor dicho, sobre la circunferencia de sus ruedas motrices, toda vez que esta fuerza es la que tiende á impedir el movimiento de estas ruedas. Tenemos, por tanto, obrando sobre esta circunferencia tres fuerzas, la potencia, la resistencia y la adherencia, que forzosamente han de tener una cierta relación entre sí para que resulte el equilibrio dinámico necesario; de donde se deduce que á una potencia y á una resistencia dadas corresponderá una fuerza de adherencia determinada; como aquellas dos fuerzas pueden variar á la vez ó aisladamente, conservándose una constante, claro es que la adherencia variará con las dos á la vez ó con la única que varíe.

Esta fuerza de adherencia depende de dos causas principales, como ya sabemos; que son del peso que obra sobre el eje motor y del coeficiente de rozamiento; tenemos, pues, que conocer el valor de ambas si queremos determinar la fuerza de adherencia de un par de ruedas motrices.

Es evidente que el peso que obra sobre el eje motor es el correspondiente á la parte de máquina que soporta y á el extraño ó *adherente* que sobre la máquina se haya colocado, y que este peso se puede hacer variable dentro de ciertos límites correspondientes á la resistencia de los materiales que se empleen y á el exceso de costo que ocasionaría el empleo de piezas de dimensiones y pesos excesivos y el aumento de *peso muerto*.

Pero tampoco puede ser demasiado pequeño este peso, porque entonces el rozamiento engendrado en el movimiento de la rueda, *adherencia*, sería demasiado pequeño también, menor del necesario para efectuar el movimiento de traslación. Este valor oscila entre 9 y 12 toneladas.

En cuanto al valor del coeficiente de rozamiento, sabemos que depende de la calidad de los materiales que compongan el aro de la rueda y el carril y de su estado; así, si uno y otro son de acero, la adherencia será menor que si uno de ellos ó ninguno de los dos lo es y sí de hierro; si la vía está mojada por la lluvia, será menor la adherencia que si estuviera seca, y menor todavía si estuviera grasienta por derrames de las cajas de grasa.

El resultado de prolongadas series de experiencias ha sido que se considere la adherencia igual á

$\frac{1}{6}$ del peso que carga al eje en estado ordinario de vía, y

$\frac{1}{30}$ del mismo peso cuando la vía está húmeda ó grasienta.

Luego, ya tenemos el valor de la adherencia en las ruedas motrices.

Nos queda por hallar ahora la resistencia que ofrece el *tren*, ó sea el conjunto de carruajes que ha de arrastrar la máquina, inclusa ella misma.

Por lo que sabemos de mecánica, comprendemos desde luego que esta resistencia no ha de ser la misma en vía hori-

zontal recta, en vía horizontal curva, en vía ascendente ó *rampa*, y en vía descendente ó *pendiente*.

En el primer caso, esta fuerza se origina por tres causas, que son:

- a. Rozamiento de las ruedas con los carriles y de los ejes con sus coginetes; fuerza resistente parcial que depende del peso del tren y de su velocidad, según sabemos.
- b. Resistencia del aire; que depende de la velocidad y de la superficie de los carruajes, así como de la velocidad y dirección del mismo aire.
- c. Choques y demás causas anormales en todas las partes constitutivas del tren, así como el estado bueno ó malo de la vía; este sumando depende del estado del material fijo y móvil y de la velocidad de marcha.

Esta resistencia se estima, según resultados prácticos, en 2, ^k 10 por cada tonelada de peso del tren para velocidades menores de 10 kilómetros por hora.

4, ^k 50 por tonelada de peso del tren para velocidades mayores de 10 kilómetros por hora y menores de 25.

6, ^k 10 por igual tonelada para velocidades comprendidas entre 25 y 40 kilómetros por hora.

7, ^k 7 por igual tonelada para velocidades de 40 á 50 kilómetros por hora.

8, ^k 5 por igual tonelada para velocidades de 50 á 60 kilómetros por hora.

10, ^k 00 por igual tonelada para velocidades de más de 60 kilómetros por hora.

En estos valores no está comprendida la resistencia ofrecida por el aire en casos extraordinarios, porque esta es tan variable en cada momento, que no debe apreciarse sino en el instante mismo en que se haya de aplicar su valor: sólo se tuvo en cuenta la resistencia que ofrecía el aire en estado normal ú ordinario.

Cuando ésta obra con extraordinaria energía su valor es:
 10, ^k 25 por tonelada con viento contrario y marchando el tren
 á gran velocidad.

7, ^k 25 por tonelada con viento contrario y marchando el tren
 á pequeña velocidad.

En el segundo caso, la resistencia que los trenes ofrecen al
 paso por las curvas, depende del radio de éstas, de la distan-
 cia entre los ejes extremos de los carruajes, de la longitud del
 tren y de su velocidad de marcha. Esta resistencia se evalúa
 ordinariamente en 4^k por tonelada de peso remolcado.

En el tercero y cuarto caso, ó sea en vía ascendente y des-
 cendente, sabemos ya calcular el valor de la fuerza retardatriz
 ó aceleratriz, valiéndonos de las fórmulas del plano inclinado,

y puesto que su valor será $p \times \frac{a}{b}$ siendo p el peso del tren, a

el cateto vertical y b el horizontal, ó sea en la expresión

ordinaria de una pendiente $\frac{a}{b}$ = al número de milímetros que

se eleva el plano inclinado sobre el horizontal en un valor de
 este de un metro; así decimos ramba ó pendiente de doce mi-
 limetros, para expresar que en cada metro horizontal se eleva
 el plano 12 milímetros, ó sea que valiendo un metro el cateto
 horizontal del triángulo rectángulo que forma la línea incli-
 nada, valdrá 12 milímetros el cateto vertical. Luego en el caso
 de ramba tendremos que la fuerza resistente es

$R + p \frac{a}{b}$ siendo R la resistencia en vía horizontal

y $R - p \frac{a}{b}$ en el caso de pendiente.

De modo, que en total tendremos que la resistencia originada en circunstancias normales por un tren de 200 toneladas de peso, por ejemplo, que marcha con una velocidad de 45 kilómetros por hora en una rampa curva de 12 milímetros, será

$$200 \times 7,7 + 200 \times 4 + 200 \times 12 = 4740 \text{ kilogramos}$$

Si en vez de rampa fuese pendiente, sería

$$200 \times 7,7 + 200 \times 4 - 200 \times 12 = -60 \text{ kilogramos: es}$$

decir, que en vez de oponer resistencia el peso del tren, se convierte en potencia que auxilia á la de la máquina en 60 kilogramos.

A esta resistencia del tren hay que añadir la correspondiente á la máquina, que se valúa en:

21, ^k50 para máquinas de viajeros, de ruedas libres, en gran velocidad.

19,00 para id. id., de id. id., en media id.

18,00 para id. id., de id. id., en mínima id.

22,00 para id. de cuatro ruedas acopladas en media id.

21,00 para id. id. de id. id., en mínima id.

20,25 para id. de mercancías de seis ruedas acopladas.

Es evidente que la resistencia que ofrezca una locomotora ha de ser mucho mayor que la correspondiente á cualquier otro carruaje, por el mayor peso que carga sobre las ruedas, por el rozamiento originado por los órganos mecánicos y por la reacción debida á la presión del vapor.

Así, pues, en el ejemplo anterior tendremos que la resistencia ofrecida por la locomotora, suponiéndola de 30 toneladas de peso, será:

$$\begin{aligned} 30 \times 19 + 30 \times 12 + 30 \times 4 &= 30 (19 + 12 + 4) \\ &= 30 \times 35 = 1050 \text{ Kg. en rampa, y} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 30 \times 19 + 30 \times 4 - 30 \times 12 &= 30 (19 + 4 - 12) \\ &= 30 \times 11 = 330 \text{ Kg. en pendiente} \end{aligned}$$

y por tanto, la resistencia total del tren será:

En rampa $4740 + 1050 = 5790$ Kg.

En pendiente $330 - 60 = 270$ Kg.

Luego, para que haya equilibrio dinámico, es preciso en el primer caso que la adherencia sea igual á los 5790 y la carga que la produce igual á $5790 \times 6 = 34740$ Kg.: y como la locomotora no pesa más que 30000 Kg., es preciso añadirle un peso de 4740 Kg.

El número de ruedas acopladas será de

$\frac{34740}{12000} = 3$ pares, ó sean 6 ruedas: ó bien, de otro modo,

$\frac{12000}{6} = 2000$ Kg. de adherencia por cada par de ruedas, y

por tanto $\frac{5790}{2000} = 3$ pares, ó sean tres ejes.

El trabajo resistente del tren con su máquina será: en rampa

$$T = \frac{5790^k \times 45000}{3600 \times 75} = 965 \text{ caballos}$$

en pendiente

$$T = \frac{270 \times 45000}{3600 \times 75} = 45 \text{ caballos}$$

en alineación recta horizontal

$$T = \frac{2110 \times 45000}{3600 \times 75} = 352 \text{ caballos}$$

y siendo 0,85 el coeficiente de rendimiento de estas máquinas, el trabajo de la potencia será $\frac{965}{0,85} = 1135$ caballos. (1)

(1) Todo este estudio se presenta exagerado en sus términos para hacer resaltar más la importancia de las resistencias diversas en los casos de grandes pendientes, pequeñas curvas, etc.

Esta carga se reparte sobre estos tres ejes acudiendo al acoplamiento, que consiste en unir entre sí todos los ejes que han de ser motores por medio de bielas que, por razón de su destino, se llaman *bielas de acoplamiento*; con esto se consigue que todas las ruedas sean solidarias y que se aumente, por tanto, la adherencia.

Hay una regla práctica que nos da á conocer el peso que carga sobre cada uno de los ejes de una locomotora, una vez sabido el peso total de ésta y teniendo tres ejes.

Si los tres ejes son libres y la locomotora pesa menos de 18 toneladas, cargará:

Sobre el eje de delante. . . . $\frac{5}{12}$ del peso total.

Sobre el eje de detrás. . . . $\frac{1}{12}$ idem.

Sobre el eje motor. . . . $\frac{8}{12}$ idem.

Si la locomotora pesa más de 18 toneladas, será:

Sobre el eje de delante. . . . $\frac{5}{12}$ del peso total.

Sobre el eje motor. . . . 12 toneladas.

Sobre el eje de atrás. . . . El resto.

Si la locomotora tiene dos ejes acoplados, será:

Sobre el eje libre de delante. . . $\frac{5}{12}$ del peso total.

Sobre el eje libre de detrás. . . $\frac{1}{12}$ idem.

Sobre los dos ejes acoplados. . . El resto del peso por igual para cada eje.

Si la locomotora tiene los tres ejes acoplados, sobre cada uno de de ellos gravitará el tercio del peso total.

Estas bielas de acoplamiento, se colocan exteriores á las ruedas y van articuladas en botones fijos á ellos ó á manivelas colocadas en los extremos de los ejes. En las máquinas de cilindros exteriores, se fijan comunmente estas bielas sobre el mismo botón de las ruedas motrices que lleva ya la biela motriz. La Fig. 318, muestra una biela de acoplamiento, para tres ejes; el botón del centro *a* es al mismo tiempo botón de la

biela motriz y por esta razón su diámetro es mayor que el de los otros dos extremos.

Cuando los ejes acoplados son más de dos se ha de tener muy presente que cuando la locomotora está en marcha, sufre oscilaciones verticales que son causa de que no siempre se encuentren en línea recta los centros de los tres ejes, y que, por tanto, si las bielas fuesen rígidas se romperían ó deformarían. Por esta razón se disponen las bielas de modo que una de sus cabezas se una á la siguiente por un simple perno de enlace *m*, que pasa en unas orejetas dispuestas á propósito, según puede verse en la Fig. 319.

En esta misma figura se ve la forma de la cuña que sujeta al coginete: en el grueso de la cabeza de la biela entra la cuña *a* y una planchita de hierro *b* que tiene una muesca ó abertura longitudinal, en la que entran dos tornillos *c* que la sujetan contra la cuña; ésta tiene varios agujeros roscados á fin de que al subir ó bajarla para aflojar ó apretar el coginete, quede siempre sujeta por los dichos tornillos *c*.

Todas las ruedas motrices ó acopladas van provistas de un contrapeso cuyo objeto es privar á la locomotora del movimiento de *galope* que toma cuando se pone en marcha, y cuya causa es el movimiento vertical que toma el centro de gravedad de la máquina al subir y bajar las manivelas con su biela.

Este contrapeso tiene comunmente la forma de un segmento de círculo, Figs. 314 y 316, A.

El diámetro de las ruedas motrices, y, por tanto, el de todas las acopladas, toda vez que éstas han de tener exactamente igual diámetro que aquellas, varía de 1,00 á 2,30 metros, según la menor ó mayor velocidad que han de ocasionar; el número de vueltas por segundo no debe exceder de tres, si no se quiere exponer á la locomotora á los peligros de un equilibrio inestable y á frecuentes calentamientos en todas las superficies frotantes

Además de las ruedas motrices y acopladas, pueden llevar las locomotoras otras *libres*, que no tienen más misión que sostener el peso de las locomotoras, que no descansa sobre los ejes acoplados; su diámetro puede ser, y es generalmente, distinto del de aquellas; Fig. 320.

En las locomotoras que han de recorrer líneas que cuentan numerosas curvas de corto radio con gran velocidad, se dispone un *juego delantero ó avan-tren* que puede estar formado de dos ó cuatro ruedas de pequeño diámetro, Fig. 321: el eje ó el carrito, bastidor, formado por los ejes, si son dos, son giratorios al rededor de un perno ó clavija fijo al bastidor de la locomotora: si este eje de giro está en el centro del carrito delantero, se llama el sistema *americano*, y si el eje de giro está colocado en un punto convenientemente elegido del eje longitudinal, entonces se denomina sistema Bissel.

Cuando las locomotoras son de mucha longitud, se disponen para el paso de estas curvas, haciendo que los tres ejes de delante estén bajo un bastidor, y los dos ó tres de detrás bajo otro bastidor distinto; la caldera descansa sobre uno y otro, pero de tal modo, que no impide el que al entrar la locomotora en una curva se corra el un bastidor sobre el otro en sentido horizontal, acortando la longitud total de la máquina. Los tres ejes delanteros se acoplan con independencia de los tres posteriores, y para conseguirlo así, se monta un eje auxiliar *a* sin ruedas, que recibe el movimiento del árbol motor por una biela inclinada *b* y que lo trasmite al eje cuarto, según se indica en la Fig. 322, por otra biela *c* que se acopla con el quinto eje *d*.

LECCION LXXIV.

Carro.—Gancho de tracción.—Tensor de tornillo.—Cadena de seguridad.—Caja de tracción.—Topes.—Muelles.—Sujeción de la caldera.—Idem de los cilindros.

El carro de una locomotora, cualquiera que sea el servicio que deba prestar, está formado por un bastidor suspendido elásticamente á dos ó más ejes.

La caldera se sostiene sobre el bastidor; los cilindros se fijan bajo éste y el resto del mecanismo encuentra su asiento y apoyo en los lados del bastidor y en los ejes.

El bastidor consta de dos *largueros* formados por una lámina de chapa de hierro *b b*, de 25 ó 30 milímetros de espesor, en la que se han ejecutado diversas aberturas *a a a* para dar paso á los ejes, Fig. 323.

Estos dos largueros se enlazan transversalmente por los apoyos de la caldera *c*, y por *cruces* ó barras que los conservan siempre paralelos y en las partes delantera y trasera de la máquina, por dos *traveseros* ó *traviesas* llamadas de delante y de detrás, *d e*.

La distancia transversal de los largueros es tal, que ha

de dejar dentro ó fuera de ella á las ruedas, por lo que éstas se denominan *interiores* ó *exteriores*.

Los largueros se apoyan sobre los ejes de las ruedas por el intermedio de *resortes* de *placas de guia* y de las *cajas de grasa*.

La traviesa de delante ó *de cabeza*, puede ser de madera de encina, ó de hierro, y se enlaza con los largueros por medio de hierros de ángulo sujetos con pernos ó con escuadras roblonadas, Fig. 324.

La traviesa de detrás es también de madera ó de hierro; á ella se fijan las columnas de la *garita* ó cubierta de aguas, protectora del maquinista, y los estribos de subida y bajada; en su medio tiene una escotadura forrada de chapa para dar paso á la barra del gancho de unión con el tender, y dos topes de chapa destinados á las mallas de seguridad de que después hablaremos. Sobre ella descansa un tablero que llega hasta la caldera, constituyendo la *plataforma* para maquinista y fogonero, la cual lleva una barandilla que los preserva de toda caída á la vía.

En la traviesa de delante hay dos topes elásticos con sus resortes de choque; éstos, que pueden ser de hierro ó acero en forma de hoja arrollada en espiral por lo más comun *a*, están encerrados en una caja *b*, atornillada á la traviesa, y se ponen en acción mediante la compresión que sobre ellos ejerce el disco de presión *c*, Fig. 325, fijo á la barra *d* del tope *e*; la cabeza ó tope, verdaderamente dicho, tiene un resalto en su unión con la barra para limitar la corrida de éste; la forma del disco del tope no es plana más que en su centro, y en el resto de su superficie es curva, á fin de que el contacto entre dos topes sea siempre en la dirección de las barras y no oblicua á éstas.

Otra forma que pueden tener estos topes es la que indica la Fig. 326, en la que la barra del tope está sustituida por un

cilindro de hierro fundido *b*, cuyo fondo está perforado en *a* para dar paso á una barra que termina en el extremo que se introduce en el cilindro *b* en una cabeza *c* y en el otro en una tuerca *d*; la distancia entre una y otra marcan la extensión máxima del resorte. Este se compone de rodajas de acero templado, agujereadas en su centro, y que tienen la forma de un tronco de cono de muy poca altura; cada dos de estas rodajas se unen por sus bases mayores y menores alternativamente, formando el muelle *e*.

En el centro de la traviesa hay un *gancho de tracción* ó de *atalaje*, representado en la Fig. 327, en la que *a* es un muelle de goma elástica, y en el ojo del gancho entra una de las *mallas del tensor de enganche* que se representa en la Fig. 328 y que consta de dos *mallas a*, fijas cada una á un gancho de tracción de cada *carro*, con sus tuercas *c*, en las que se mueve un tornillo por medio de la palanca *b*, que lleva en su extremo un peso para auxiliar la acción de la potencia que la hace girar.

A uno y otro lado de este tensor va una *cadena de seguridad*; en la marcha esta cadena no va tirante, y sólo ejerce su papel como aparato de tracción cuando se rompe el tensor de tracción ó el gancho de tracción.

Si la locomotora es t tender al mismo tiempo, entonces la traviesa posterior es análoga á la anterior; pero si la locomotora lleva por separado el tender, la traviesa tiene una forma muy distinta, puesto que en ella han de colocarse todos los órganos de la tracción y ha de ofrecer resistencia bastante al esfuerzo de la locomotora, principalmente en los casos en que ha de vencer toda la inercia del tren, que es al ponerse en marcha: en este caso, esta traviesa recibe el nombre de *caja de tracción*.

La distancia que separa á la locomotora del tender debe ser pequeña, porque el maquinista y fogonero tienen que pasar

frecuentísimamente de una á otro. Entre los dos deben disponerse topes elásticos para amortiguar los choques que resultan en la marcha.

Esta traviesa forma una caja unida á los largueros por esquadras y hierros de ángulo, Fig. 329. En ella hay un *muelle* ó resorte de tracción provisto de un *estribo* central *a*, en el que hay un agujero por el que penetra el *perno* central *b*, que atraviesa toda la caja por completo; por encima de este estribo hay una *barra de tracción* *c* que tiene un ojo, por el que se hace pasar también el mismo perno *b* y que se une al ténder del mismo modo; la caja de tracción se refuerza en el sitio atravesado por el perno con dos piezas de hierro ó acero *e*, contenidas en dos hierros en forma de \sqsubset que sirven de guía á la misma barra de tracción. A uno y otro lado de ésta hay otros dos pernos pequeños *d* que también atraviesan toda la caja, análogamente reforzada con las piezas *e*: estos pernos atraviesan los ojos oblongos de dos barras *f* llamadas de *seguridad*; estas barras pueden ser sustituidas con cadenas de seguridad, toda vez que su papel es el mismo.

A los dos lados exteriores de estas barras ó cadenas hay dos topes como los ya descritos, cuyas barras *g* se apoyan en los extremos del muelle de tracción, que al mismo tiempo es, como se ve, de *repulsión* ó *choque*; una *chaveta* en forma de *cuña* sostiene á sus barras en su debido lugar. La cabeza de los topes se apoyan en dos *placas de repulsión* *h* fijas á la traviesa de delante del ténder.

Otro medio de unión entre máquina y ténder, es el indicado en la Fig. 330. Esta estribo en la barra de tracción *a*; cuatro tirantes *b c d e* mantienen invariable el perno *f*; los *b* y *c* pasan por agujeros oblongos *g* abiertos en el ténder, y el *d* se une al tender por un pasador, con el objeto de que todo el sistema pueda moverse de arriba á abajo.

Los aparatos de choque y tracción de los demás carruajes

se representan en la Fig. 331, y constan de un gran resorte ó muelle *a* ligado por su estribo á la barra *b* del gancho de tracción *g*, que sostiene en sus dos extremos *c* las barras de dos topes, que llevan una saliente para enganchar en otra fija á los largueros *d*. Al enganchar el carruaje, la barra de tracción estira el muelle y el esfuerzo de tracción se comunica á los extremos *c*, y de allí á los largueros por intermedio de *d*.

Las cadenas de seguridad se representan en *e e*.

En la parte anterior de la locomotora, y en la dirección de las ruedas, existe á unos 160 milímetros del plano de éstas un *quita-piedras* fijo á los largueros, cuyo objeto, como lo dice su nombre, es quitar las piedras ú objetos que existan en la vía, para que no sean cogidos por las ruedas.

Como ya hemos dicho, el bastidor descansa sobre los ejes por intermedio de muelles. Estos, Fig. 332, están formados por hojas de acero superpuestas, de longitudes decrecientes *a a a*, atravesadas en su centro por un pasador y abrazadas en el medio por un *estribo* ó *abrazadera* *b* que lleva una barra de hierro inferior ó soporte del muelle *c*, que descansa en la caja de grasa; los extremos del muelle llevan unos tornillos de suspensión ó barras taladradas *d*, provistos de tuerca y contratuerca *e*, que pasan por agujeros ovalizados á lo largo ó escotaduras *f*, abiertos en la hoja maestra del muelle, que son los que transmiten el peso del bastidor á este muelle; se fijan á charnela al bastidor por el ojo *g*.

Es evidente que todo choque que experimente la rueda en sentido vertical se transmitirá al eje, y de éste, por la caja de grasa, al muelle colocado sobre ella; luego, éste debe tener la suficiente resistencia y elasticidad para soportar por sí sólo este esfuerzo. Los otros muelles de las demás ruedas nada sufrirán, porque la alteración habida ha sido aislada, singular, para la rueda afectada.

Pero si nosotros disponemos los muelles como indica la

Fig. 333, apoyados por uno de sus extremos en el larguero, por el centro en la caja de grasa, y por el otro extremo en uno de los brazos de un balancín que gira al rededor de su centro sobre un pasador fijo al larguero, es claro que el choque ó esfuerzo comunicado á una rueda sola será amortiguado por los dos muelles á la vez, que como es consiguiente, se repartirán por igual el esfuerzo transmitido: también se comprende desde luego que á esta ventaja se reúne la de lograr una distribución mejor y más igual de los pesos que cargan sobre los muelles.

Varias disposiciones adopta esta modificación, de las cuales se representan algunas en las Figs. 334, 335 y 336. En la primera se ve que hay un solo muelle central y dos balancines, uno para cada caja de grasa; en la segunda sólo existe un balancín y un muelle; en la tercera, los dos muelles y el balancín son inferiores á las cajas de grasa.

También pueden sustituirse estos muelles longitudinales por otros trasversales dispuestos como indica la Fig. 337. Un balancín se apoya sobre las dos cajas de grasa de un mismo eje; está atravesado en su centro, ó fuera de él, por un pasador que le une al estribo de un muelle que sobre él existe, y cuyos extremos se fijan á los largueros por medio de dos barras de suspensión que giran al rededor del perno de sujeción al bastidor; de este modo, la alteración en la situación de una rueda se trasmite á la compañera del mismo eje y se aminoran las desviaciones trasversales que sufre la locomotora.

En los demás vehículos, los muelles de suspensión se unen á la caja de estos y á la de grasa, del modo que indica la Fig. 338.

Sabemos que las cajas de grasas, dentro de las que van los coginetes, se mueven resbalando en las placas de guía; esto se verifica, según indican las Figs. 339 y 340, bien siendo una sola la placa de guía, bien siendo dos. Si la placa de guía no es más que una abertura practicada en el larguero *b*, entonces

a verdadera *guía a*, que tiene la figura de T, se sujeta á ella con roblones por una sola cara, y si las placas de guía son dos placas roblonadas *c c* á una y otra cara interior y exterior del larguero *b*, Fig. 340, entonces se sujeta la guía entre las dos.

El movimiento horizontal que el pistón en su marcha comunica á las cajas de grasa, combinado con el movimiento vertical ocasionado por las desigualdades de la vía, produce á la larga un desgaste en las superficies resbaladoras de la caja, que aumentando el juego lateral de estas, es causa de que á veces en su movimiento tomen una posición atravesada y produzcan su rotura ó la de la placa. Se evita esta dificultad empleando la cuña ó llave *d*, Fig. 341, y haciendo que uno de los lados de la placa de guía no sea vertical, sino inclinado; con esta cuña, que se coloca en este lado, se gradúa el hueco que conviene dejar entre la caja y sus guías.

En los demás carruajes, las placas de guía tienen la Fig. 342, en que se representa el conjunto de todos los aparatos.

Son una simple chapa atornillada *a a* á el larguero y unidas cada dos por barras de conexión *b*.

Sobre el bastidor ó carro de la locomotora se coloca la caldera de tal modo que queden completamente libres sus movimientos de dilatación y de contracción, al mismo tiempo que sea completamente fija é invariable su posición. El cuerpo cilíndrico ó tubular de la caldera descansa sobre uno ó dos apoyos formados por una lámina de hierro vertical *a*, Fig. 343, cortada en su parte superior en arco de círculo, de radio igual al de la caldera, contorneada en todo su perímetro, excepto en el lado inferior *b*, por un solo hierro de ángulo ó por dos, uno por cada cara, roblonados á ella y á los dos largueros del bastidor *c*, á los que, como ya dijimos antes, sirve de refuerzo. La caldera descansa directamente sobre el apoyo, resbalando sobre él en sus dilataciones y contracciones, ó bien por interme-

dio de placas de fricción de bronce ó de hierro d , sujetas una á la caldera y otra al apoyo.

Otras veces tiene la caldera, á más de las placas de fricción a , unas escuadras b que se ajustan á los apoyos por unos tornillos de dilatación e que pasan por unos ojos oblongos. Figura 343 A.

Por su parte anterior, ó sea caja de humos, se sujeta la caldera á los largueros y á los cilindros por medio de pasadores, ó bien se atornilla una caja de chapa á la caja de humos y á los largueros, quedando así unida al carro.

Por su parte posterior lleva cuatro aletas fijas á los lados de la caja de fuego, que resbalan libremente sobre los largueros, por intermedio de unas placas de acero, Fig. 344, en la que se ve que la placa a está atornillada á la caldera y tiene una saliente b que descansa sobre el larguero c ; otra pieza d que abarca al larguero por su parte inferior e , se fija abajo por un tornillo y arriba por un pasador.

Otras veces se roblona á la misma caldera dos especies de estribos a que se ligan á los largueros por medio de pasadores que atraviesan agujeros oblongos en sentido del largo del larguero, para permitir la dilatación; pero esta disposición no es tan conveniente como la anterior, Fig. 344 A.

Los cilindros, sean interiores ó exteriores, se fijan sólidamente á los largueros con tornillos, aplicando á estos una placa adicional fundida con el mismo cilindro $a a$, Fig. 345. En cuanto al resto del mecanismo, nada tenemos que decir respecto á sumontaje, porque ya hemos dicho en las Lecciones LVII, LVIII y LIX todo cuanto á este caso puede aplicarse.

Terminado el montaje completo de la máquina y probada que sea ésta para comprobar su buen estado, se procede á su pintura, operación que debe hacerse con todo el esmero que exige, no sólo las exigencias del público que la ha de ver, sino también la buena conservación de los materiales y la ma

yor duración posible de esta misma pintura. Es una operación larga y costosa en que se han de emplear materiales de primera calidad y que se ha de ejecutar bajo la vigilancia del maquinista, toda vez que él ha de responder de su conservación.

LECCION LXXV.

Estudio de la vía.—Señales fijas.—Idem accidentales.—Frenos comunes.—Idem continuos de cadena, hidráulico, de vacío y de aire comprimido.

Montada ya la locomotora por completo, se pone en marcha del mismo modo que en lecciones anteriores hemos dicho para las máquinas fijas, guardando todas las precauciones indicadas, tanto para la formación del vapor y conservación de la presión, cuanto para cada uno de los órganos del mecanismo.

Compréndese fácilmente que la vigilancia observada por el maquinista ha de ser más extremada en las locomotoras que en todas las demás máquinas, porque el mismo movimiento de traslación de la máquina por sí solo, y el que forzosamente ha de producir el estado de la vía por que marcha, ocasionan alteraciones en la relativa posición de algunos de sus elementos y peligros que se han de evitar con rapidéz y acierto en el momento de presentarse, si no se previeron con la antelación debida.

Por esta razón, el maquinista encargado de la conducción de una locomotora, no sólo debe conocer detalladamente la máquina que se le confía, si que también debe estudiar con igual cuidado los accidentes del camino que ha de recorrer; es decir, que al estudio de la máquina debe acompañar imprescindiblemente el de la vía sobre que ha de marchar.

El primero ya hemos dicho como debe hacerlo; vamos ahora á ocuparnos del segundo.

Este comprende tres partes: 1.^a, estudio del trazado vertical; 2.^a, estudio del trazado horizontal; y 3.^a, conocimiento de las señales fijas y accidentales.

1.^a El trazado vertical de una vía no es más que el conjunto de líneas horizontales ó inclinadas que puestas las unas á continuación de las otras, forman la vía de que se trata. Estas líneas se llaman *rasantes*.

Todas estas rasantes colocadas en su orden debido y dibujadas en un papel con arreglo á una escala cualquiera, constituyen el *perfil de la vía*. Las alturas correspondientes á las líneas inclinadas se marcan en escala mayor que las distancias horizontales, á fin de que sea más visible la inclinación de estas líneas. De modo, que en rigor hay dos escalas en cada perfil; una menor para las distancias horizontales, y otra mayor para las alturas de las inclinadas.

También hay dos numeraciones distintas, una que se escribe sobre la línea horizontal inferior del perfil, que indica la distancia en kilómetros, y otra escrita en números más pequeños sobre las rasantes, que significa la inclinación de la línea, ó sea el número de milímetros por metro, Fig. 346.

2.^a El trazado horizontal de una vía se compone de líneas rectas y curvas y de las principales obras de fábrica que existen. Por él conoce el maquinista las partes de camino que están en línea ó *alineación recta*, las que están en *alineación curva*, el radio de estas curvas, la situación de las obras de fá-

brica ú obras de arte más importantès, los cruces con los demás caminos ó *pasos á nivel*, los cruzamientos con otra ú otras vías, los apartaderos, las aguadas, etc.

3.^o En la vía se fijan dos clases de postes; una que son los postes kilométricos, porque marcan el número de éstos, colocados en un lado de la vía, y otra que son los postes de rasantes, porque indican la longitud, la inclinación y el sentido de esta rasante, y se colocan en el punto de unión de dos rasantes, en el lado opuesto de la vía en que se colocaron los postes kilométricos.

Aquellos se colocan de kilómetro en kilómetro, á partir del centro de la estación de origen de la línea, donde se supone colocado cero, y no tienen marcado más que el número de orden que les corresponde.

Estos tienen una tablilla cuya posición puede ser horizontal ó inclinada; en el primer caso se escribe el número que expresa la inclinación encima de una flecha ó raya que marca el sentido de esta inclinación, y debajo de la flecha se escribe el número que indica la longitud de la rasante, en cualquiera de las formas que indica la Fig. 347.

Si la tablilla es inclinada, entonces el sentido de su inclinación marca el de la rasante, y se escriben los dos números sin raya ó flecha alguna, Fig. 347 A.

Otras señales que el maquinista ha de observar siempre, son las que los guardas ó vigilantes harán de trecho en trecho al paso del tren, indicando si la vía está libre, si se ha de marchar con precaución ó si se ha de hacer alto: una bandera arrollada de día ó una luz blanca de noche, indican lo primero; una bandera verde ó una luz de este color, indica lo segundo, y una bandera roja ó luz de este color, marcan lo tercero. Una acumulación de luces, una hoguera, un petardo, un tiro ó muchas voces y levantado de brazos, anuncian una parada rápida é inmediata.

En las estaciones hay además unos postes altos llamados *semáforas*, en cuya parte superior se mueven dos aletas ó brazos que sirven para hacer las señales convenidas; de noche se hacen estas señales por medio de un farol cuya luz atraviesa dos cristales de dos colores distintos. Los *discos* son unos piés derechos que llevan en su parte superior un farol colocado detrás de un disco ó círculo que gira, y que tiene en un lado un cristal rojo; si éste se coloca de canto, sólo se ve la luz blanca; si se pone de plano, se verá la luz roja.

Nada podemos decir acerca de las señales accidentales que deben hacerse para marcar al maquinista un suceso extraordinario, porque cada empresa tiene su reglamento especial; lo mismo sucede con las señales que el maquinista ha de hacer con el silbato, bien sea para apretar ó aflojar frenos, bien sea para parar.

Una vez que el maquinista está ya impuesto con toda exactitud del conocimiento de la máquina y de la vía, pone á ésta en marcha, según sabemos, haciendo variar la velocidad de marcha según lo exijan las necesidades del servicio que deba prestar y las de la vía porque circula.

Supongamos un viaje completo de una á otra estación, y veamos cómo debe proceder el maquinista.

Dada la señal de partida del tren, el maquinista anuncia con el silbato que éste se va á poner en marcha, y abre el regulador, válvula de admisión de vapor, muy poco, mientras el fogonero afloja el freno, á fin de que todos los aparatos de tracción de los diferentes carruajes se pongan en tensión paulatinamente y no se rompan por causa de un esfuerzo brusco. El tren marchará con poca velocidad hasta que haya pasado de las agujas y del disco, durante cuyo trayecto el maquinista, sin dejar de llevar siempre la mano puesta sobre el manubrio ó volantito del regulador, y el fogonero sobre el del freno, irá constantemente con la cabeza vuelta hácia la estación que

abandona, con objeto de no perder de vista cualquier señal que desde ella pueda hacérsele. Una vez pasado el disco, abre poco á poco el regulador y coloca el aparato de cambio de marcha en la muesca acostumbrada, para que el tren adquiriera la velocidad normal y regular que le es propia, la cual conservará hasta aproximarse á la estación de llegada, en cuyo caso anunciará su próxima aparición con silbidos fuertes y prolongados, y acortará su velocidad de tal modo, que tenga el regulador completamente cerrado 500 metros antes de llegar á ella. La velocidad de llegada debe ser tan pequeña, que al pasar por el disco pueda pararse el tren en el momento en que se desee, y aun debe procurar el maquinista que para llegar al punto preciso de parada le sea necesario abrir de nuevo el regulador un poco: en cuanto pare ha de cerrar el regulador, si no lo estuviera ya, apretar el freno y poner la palanca de cambio en el punto muerto.

Durante el trayecto, no ha podido ni debido tener el tren una velocidad constante, pues habrá sido preciso acortar la velocidad á la entrada de todas las curvas, y tanto más cuanto de menor radio sean, así como en aquellos trayectos en que la vía esté en mal estado de conservación. En las rampas, la velocidad disminuye por causa del mayor trabajo resistente, y es preciso abrir más el regulador; en las pendientes, por el contrario, la velocidad aumenta, y hay que contenerla con el cierre del regulador, con los frenos y aun con la marcha á contra-vapor. En unas y otras pendientes, como la locomotora toma una posición inclinada, y el agua contenida en la caldera siempre conserva su horizontalidad, resulta que, bien el cielo de la caja de fuego, bien el extremo delantero de los tubos de humos, pueden quedar al descubierto y quemarse. Por esta razón, es muy necesario que el maquinista, conocedor de las pendientes que ha de recorrer, tenga mucho cuidado en mantener á la altura conveniente el nivel del agua.

El uso del silbato de aviso es necesario en la entrada de las curvas, en la de los túneles, en los pasos á nivel que no sean visibles desde muy largas distancias, al divisar un objeto cualquiera sobre la vía, y cuando necesite apretar ó aflojar frenos.

Si el tren es puesto en movimiento por dos máquinas en vez de una, es decir, si se emplea la *doble tracción*, entonces la máquina de delante es la que manda, y la de detrás la que obedece las órdenes de aquella.

Puede suceder, y sucede con frecuencia, que hay que moderar la velocidad de un tren con mayor rapidez de la que permite la fuerza de inercia ó velocidad adquirida después de cerrado el regulador, y esto se consigue con los frenos.

Al hablar de ellos en la Lección XXVII describimos uno de los más usados, Fig. 115, que es puesto en acción por un tornillo vertical, al que hace girar el guarda-freno del tren por medio de un volantito.

Otro freno, también de tornillo, es el representado en la Fig. 348, en que las cuñas *a* y *b* toman un movimiento vertical por el movimiento de aquel tornillo, empujando cuando bajan á la pieza de hierro *c*, dentro de la que se mueven, y ocasionando, por tanto, la aplicación de los tacos metálicos *d* contra las ruedas.

El *ténder*, ó sea el carruaje que conduce el carbón, agua y útiles necesarios á la locomotora, está provisto de un freno de tornillo análogo á los descritos, y si la locomotora es ténder al mismo tiempo, lleva á su vez un freno semejante.

Pero todos los frenos de tornillo tienen el inconveniente de ejercer su acción muy lentamente y con poca intensidad, no sólo por ser pequeña la fuerza que los pone en fun-

ción, si que también porque no existe más que en corto número de los carruajes que componen un tren.

La gran velocidad que hoy tienen algunos trenes exige imperiosamente que el maquinista pueda disponer de medios activos que, obrando sobre todos los carruajes á la vez, ya por mano del maquinista, ya automáticamente, detengan casi instantáneamente el movimiento.

Estos frenos se llaman, por la razón antedicha, *continuos*, y son de cadena, hidráulicos, de vacío, de aire comprimido ó neumáticos, y de contra-vapor. De cada uno de ellos describiremos un ejemplo.

El freno de cadena, Fig. 349, se compone de una palanca *a*, sujeta al larguero del carruaje y que gira al rededor de^l punto *o*; esta palanca lleva un eje *b*, en el que hay dos ruedas ó roldanas de madera dura y fuerte *c*, y una pequeña polea *e*, á la que se arrolla una cadena *d* unida á la palanca del freno; otra palanca *g*, que lleva un peso *h* y una cadena *m*, se une á la primer palanca *a* por medio de la biela *l*; una última biela *n* enlaza á los dos tacos del freno: en fin, en el eje de la rueda se montan dos tambores, discos ó roldanas *p* análogas á la *c*.

Si se afloja la cadena *m*, cae la palanca *g* y con ella la *a*, que aproxima la rueda de madera *c* á la *p*; como esta última gira con la rueda del carruaje, comunica su movimiento á la *c*, y ésta arrolla la cadena, que tirando de la palanca *f* aprieta los dos tacos del freno.

Este freno se dispone en número de uno para la máquina y ténder y otro para cada tres carruajes.

El freno hidráulico no consiste más que en un cilindro con su pistón que hay debajo de cada carruaje; el vástago del pistón se enlaza con la palanca del árbol del freno, y el cilindro se pone en comunicación con un tubo que, arrancando de la locomotora, recorre todo el tren; el tubo y los cilindros están llenos de agua, y cuando se quiere poner los frenos en acción,

no hay más que comprimir el agua con una bombita que hay en la locomotora. Este freno se usa muy poco por los muchos inconvenientes que tiene.

El freno por el vacío, ó de Smith, está fundado en el mismo principio que el inyector Giffard; un dardo estrecho de vapor que se escapa por un tubo aílado, dentro de otro de mayor diámetro, produce un vacío en este tubo, por ser arrastrado con el vapor el aire que contiene.

Debajo de cada carruaje hay un saco ó cilindro de cuero ó caucho, Fig. 350, en forma de fuelle, cuyas dos tapas, superior *a* é inferior *b*, son de chapa de hierro; la primera se fija al bastidor del vehículo; la segunda se enlaza con el árbol del freno; un tubo que atraviesa á aquella *c*, se une á la tubería general que recorre todo el tren hasta la locomotora. En ésta existe el aparato llamado *eyector*, Fig. 351, que consta de dos tubos horizontales *D*, por los que llega el vapor de la caldera, á voluntad del maquinista, y éste, imprimiendo su propia velocidad al aire encerrado en *A*, que está en comunicación por el tubo *B* con el tubo general, que recorre todo el tren enlazando entre sí todos los depósitos ó sacos de cuero, produce el vacío en todos ellos, saliendo el aire aspirado por *C C*. En este caso, la presión atmosférica exterior encoje al fuelle, haciendo subir la tapa inferior, que por esta razón mueve ó hace girar al árbol del freno apretándole. Cuando se quiere aflojar, basta suprimir la entrada del vapor; entonces el aire penetra con rapidez por los mismos tubos *C*, cierra automáticamente las válvulas *z z*, y marchando por *B* llena de nuevo los fuelles.

Como estos fuelles son de poca duración, porque el cuero ó goma se rompen pronto, se han sustituido por Hardy con un cilindro de fundición *a*, Fig. 351 A, en el que se mueve un pistón *b* sujeto á la mitad de altura de aquél por medio de un cuero *e*; este pistón tiene un vástago *d* enlazado con el árbol

del freno. Al hacer el vacío asciende el pistón y este árbol gira.

El freno Sander, también de vacío, obra con más rapidez que el de Smith; pero no entramos en su descripción porque es menos empleado que éste.

El freno de aire comprimido ó de Westinghouse, consta de lo siguiente: 1.º En la locomotora, Fig. 352, está una bomba de aire *a* puesta en acción por un caballito de vapor ó máquina motriz auxiliar, que comprime el aire á 7 ú 8 atmósferas, y lo envía al recipiente *b* por el tubo *c c*; este recipiente tiene su manómetro y su válvula de seguridad. 2.º De un recipiente ó depósito de aire comprimido *e*, Fig. 352 y 353, que se coloca debajo de cada wagón, que recibe este aire de un tubo que recorre todo el tren *t* Y 3.º De un cilindro con su pistón *n*, cuyo vástago *y* mueve el árbol del freno, que también se coloca debajo de cada carruaje y que se comunica con el depósito antedicho *e* por una válvula automática *q*.

El tubo principal *tt*, antes de pasar del recipiente general *b* á los parciales, tiene al alcance del maquinista una llave ó grifo de tres pasos *d*, cuyo juego es lo que hace funcionar á los frenos.

Este grifo, Fig. 354, pone, á voluntad, en comunicación los tubos *a* de aire comprimido del recipiente general, el tubo *b* que lleva este aire á los depósitos secundarios *e* y al tubo *c* que comunica con la atmósfera.

Encima del tubo *a* hay una válvula *e*, y sobre ésta otra más pequeña *n*, ambas con su muelle de presión sobre el asiento: la primera descubre en su movimiento un orificio *o* y un conducto *s*. En la posición indicada en la figura, que es cuando el freno no funciona, el tubo *a* se comunica con el *b*; el aire comprimido de *a* levanta la válvula, pasa por *o* á *b*, y no puede pasar por *c* porque obtura este conducto la espiga del grifo.

Si á este le hacemos pasar de la actual posición primera á

la segunda, entonces se ponen en comunicación b y c , y en el mismo instante funciona la válvula automática q , representada en la Fig. 355.

Esta válvula está encerrada en una caja que comunica por A con el recipiente secundario del wagón, por B con el cilindro que mueve el freno, y por C con el tubo principal.

Cuando el grifo está en la posición primera, el aire comprimido penetra por C al espacio a , de donde pasa por el orificio c al espacio b , donde se mueve un pistón válvula que lleva un distribuidor especial e , que dejando cubierta la luz correspondiente, abre paso por un agujerito p al aire al depósito secundario por A .

Si el grifo tiene la posición segunda, entonces, como el tubo principal comunica con la atmósfera, es claro que el aire comprimido que existe en a y b sale á ella, y en el pistón válvula se verifica una desigualdad de presión, y baja cerrando el pequeño orificio p , al mismo tiempo que descubre con su movimiento descendencial la luz z , por donde el aire comprimido del depósito secundario pasa al cilindro que mueve el freno.

Para aflojar los frenos se pasa el grifo á la posición tercera; entonces, Fig. 354, el canalito s se pone en comunicación con el r que tiene el grifo y con la atmósfera por el t ; de este modo sale al exterior el aire comprimido que había sobre la válvula e ; pero al mismo tiempo hemos puesto en comunicación el conducto a con el b , y el aire, entrando de nuevo en la válvula automática, Fig. 355, por C , levanta el pistón-válvula, descubre el orificio p que lleva el aire al depósito secundario, cierra la luz z , y el aire contenido en el cilindro del freno sale por el interior de la concha del distribuidor y se descarga en la atmósfera, rodeando interiormente toda la caja de la válvula.

Vuélvese el grifo á la posición primera, ciérrase el conducto r y ciérrase de nuevo la válvula e .

En la Fig. 352 se ve la disposición de este freno, tanto en la locomotora como en el ténder.

Análogo á este freno es el de Steel, que no describimos porque descansa en principios análogos.

LECCION LXXVI.

Freno de contra-vapor.—Marcha con él.—Reglas para su empleo.

El empleo del contra-vapor consiste en hacer marchar á la locomotora en un sentido y á la distribución del vapor en sentido contrario al que le corresponde.

De aquí resulta una inversión completa en las funciones del pistón, toda vez que en la marcha directa tenemos que el vapor de la caldera empuja al pistón antes de escaparse y acelera, por tanto, el movimiento, y en la marcha inversa el pistón aspira el aire y gases de la caja de humos, evacuándolos á la caldera, convirtiendo aquella aspiración en fuerza retardatriz.

Comparando lo que en una y otra marcha sucede, será:

MARCHA DIRECTA.

- 1.^a corrida.. { 1.º Admisión del vapor en el cilindro.
2.º Expansión.
3.º Avance al escape.

MARCHA INVERSA.

- 1.^a corrida.. { 1.^o Admisión de vapor.
 { 2.^o Expansión.
 { 3.^o Escape seguido de aspiración.

MARCHA DIRECTA.

- 2.^a corrida . { 1.^o Escape.
 { 2.^o Compresión.
 { 3.^o Avance á la admisión.

MARCHA INVERSA.

- 2.^a corrida. { 1.^o Escape á la caja de humos.
 { 2.^o Compresión.
 { 3.^o Evacuación á la caldera. Contra-vapor.

Las posiciones del pistón y del distribuidor serán las siguientes, Fig. 358. Las letras sin acento indican la marcha directa en cada uno de los seis períodos antedichos; las letras acentuadas indican los mismos períodos de la marcha inversa.

1.^a corrida.—1.^o *A*. = El distribuidor descubre más y más la luz de admisión, marchando en el mismo sentido que el pistón.

A'. = El distribuidor marchando en sentido contrario que el pistón, deja entrar el vapor en lo que permite el avance á la admisión.

2.^o—*B*. = Cerrada la luz de admisión por la marcha retrógrada del distribuidor, se verifica la expansión.

B'. = Cerrado ya el avance de la admisión, se verifica la expansión de la pequeña cantidad de vapor que entró, hasta que el distribuidor, siguiendo su marcha, empieza á descubrir el escape por la misma cara del pistón. En este período el pistón ha recorrido de un 15 á 20 por 100 de su total corrida.

3.º—*C.* = Antes de acabar la corrida se abre el avance al escape y termina el pistón su primer corrida.

C'. = Siguen pistón y concha su marcha, y la luz de escape posterior se abre más y más, con lo cual se da entrada á los gases de la caja de humos, que llenan el volumen que sigue engendrando el pistón en su carrera hasta que la termina.

2.ª corrida.—1.º *D.* = El pistón retrocede, sigue el escape, y poco á poco se cierra esta luz.

D'. = El pistón y el distribuidor cambian el sentido de su marcha, y sigue abierta la luz de escape á la caja de humos, por donde sale la mezcla de vapor y gases que antes entró.

2.º *E.* = Cerrado el escape, se comprime el vapor que no ha tenido tiempo de salir.

E'. = Del mismo modo se comprime la mezcla de vapor y humos.

3.º *F.* = El distribuidor descubre el avance á la admisión, y el pistón marcha corto tiempo á contra-vapor hasta terminar su segunda carrera.

F'. = Como el pistón y el distribuidor marchan en sentido contrario, éste descubre la luz de admisión, y el interior del cilindro, puesto en comunicación con la caldera, iguala con ésta su presión, teniendo que vencerla el pistón para terminar su segunda corrida, y claro es que la mezcla de vapor y gas que había en el cilindro es enviada por el pistón á la caldera. Pero estos gases tienen al salir por la chimenea una temperatura de 200 á 250º; de aquí que al entrar estos en el cilindro desde el período *C'*, con sus partículas correspondientes de carbón y cenizas, se alteran notablemente las condiciones de funcionamiento del pistón; así es que se aumenta considerablemente la temperatura del cilindro y de la caldera, puesto que la del vapor á 7 ú 8 atmósferas á que se suele trabajar, no es más que de 165ºc á 170ºc. Por tanto, los prensa-estopas se

quemar, el cilindro se raya, la presión en la caldera se eleva más de lo debido, el arrastre de agua con el vapor es considerable y los tiradores se separan del espejo lastimándose y desplazándose.

Estos inconvenientes obligaban ó no emplear el contra-vapor como freno sino en aquellos casos en que era absoluta y necesariamente imprescindible, como por ejemplo, para evitar un choque de dos trenes que marchan con velocidades contrarias. Además, lo peligroso que era para el maquinista el cambio de la palanca de marcha, porque necesitaba una gran fuerza en sus brazos y un completo acierto en la maniobra, pues de no ser así, la reacción de la palanca haría que ésta le hiriese gravemente, era otra causa que motivaba el no empleo del contra-vapor.

Lechatellier ha vencido con su aparato todas estas dificultades, y ha hecho hoy frecuente el uso del contra-vapor como uno de los frenos más poderosos, de más fácil manejo y de más seguros efectos de que puede disponer un maquinista.

Este aparato, Fig. 357, consta de una caja pequeña *a*, de hierro colado, dividida en tres compartimientos; á uno de ellos llega agua, á su inmediato vapor, y el tercero es contiguo á los dos y está en comunicación con ellos por unos agujeros abiertos en las paredes divisorias: unos distribuidores ó tiradores colocados en estas paredes, regulan la salida de estos dos fluidos, cuya mezcla se hace en este tercer compartimiento, del que salen para obrar en el cilindro.

Estos tiradores tienen su vástago *b* roscado, y una tuerca colocada en este tornillo se fija al soporte, de modo que sólo pueda girar cuando aquél gire por la acción del manubrio, pero nunca avanzar; un cuadrante ó sector dividido, colocado bajo el manubrio, dividido en décimos de vuelta, marca la abertura, que se da á voluntad, á los orificios que obturan los tiradores.

Abiertas, pues, las llaves de toma de agua *c* y de vapor *d*, se introducen estos fluidos en sus respectivos compartimientos, y graduando las cantidades necesarias de uno y otro por medio del movimiento de los distribuidores, se forma la mezcla, que en el momento oportuno sale por un tubo de cobre *e* que se divide en dos ramas, una para cada tubo de escape de cada cilindro si termina allí, ó para cada caja de distribución si termina en el fondo de éstas.

Las cantidades de vapor y agua que han de formar la mezcla, se calculan prácticamente por el maquinista, después de repetidos tanteos, para una marcha determinada, es decir, para un período de admisión elegido, sirviéndose de la chimenea como indicador de exactitud, según después diremos.

Es claro que estas cantidades de agua y vapor pueden determinarse matemáticamente; pero esto exige conocimientos que no tienen cabida en este curso ni son propios de un maquinista.

Hoy día se emplea también la inyección de agua sola, sobre todo en las líneas en que las pendientes son muy fuertes y el trabajo del contra-vapor es muy grande, y por tanto, el aparato se reduce á sólo una llave que permite el paso del agua de la caldera por un tubo de cobre á la base de los tubos del escape de vapor de los cilindros; ó mejor todavía, al fondo de la caja de distribución, con el fin de que al chocar el agua con la concha del distribuidor, se pulverice y obture por completo el tubo del escape.

Siendo necesario que los maquinistas tengan reglas fijas á que atenerse cuando deban usar el contra-vapor, copiamos á continuación la orden de servicio del ferro-carril de Ciudad-Real á Badajóz.

1.^o—Modo de invertir la marcha.

«Por regla general, el regulador se encuentra abierto. En

este caso, el maquinista abre la llave del vapor para purgar los tubos de inyección del agua fría que pudiera contener, invierte la marcha y abre inmediatamente la llave del agua cerrando la de vapor.

Si el regulador se encuentra cerrado, caso que no puede presentarse en las máquinas provistas del aparato de contra-vapor más que á la bajada de pendientes en que el tren no toma mayor velocidad que la que al mismo esté designada, las operaciones son las siguientes:

- Abrir la llave de vapor.
- Invertir la marcha.
- Abrir el regulador.
- Abrir la llave del agua.
- Cerrar la llave de vapor.

2.^a—Parada de un tren en marcha.

Pueden presentarse tres casos:

1.º Parada de un tren en rampa, horizontal ó pendiente en que el tren marche sin contra-vapor.

En este caso se hace la inversión de la marcha como queda dicho, y áun en caso de peligro las operaciones pueden reducirse á

- Invertir la marcha.
- Abrir el regulador si no estaba abierto.
- Abrir la llave del agua.

2.º Parada de un tren en pendiente en que se haga uso del contra-vapor, pero con una admisión que no pase de 40 por 100.

En este caso se lleva la admisión al límite, y el fogonero temple el freno del tender por si el recurso del contra-vapor no fuera suficiente.

3.º Parada de un tren en pendiente en que se emplee el contra-vapor con la admisión.

En este caso nada puede esperarse ya del contra-vapor á ménos de elevarse la presión.

El maquinista, pues, abrirá el ventilador y avivará el fuego, pero pedirá desde luego los frenos necesarios.

3.ª—Marcha ordinaria á contra-vapor.

El maquinista, una vez puesto en actividad el aparato de contra-vapor, según se expresa en la regla primera, debe cuidar tan sólo de mantener una velocidad uniforme, á cuyo efecto hará variar la admisión por medio de la palanca hasta que consiga dicho objeto.

4.ª—Método práctico de fijar la inyección de agua.

Puesto en actividad el aparato de contra-vapor, el maquinista mantendrá la inyección de agua de manera que exista siempre en la boca de la chimenea un ligero penacho de vapor, del cual se desprendan menudas gotas de agua.

Si el vapor aparece seco ó con intermitencias, la inyección de agua debe aumentarse.

Si las gotas de agua se convierten en una verdadera lluvia, la inyección debe disminuirse.

5.ª—Reglas diversas.

1.ª Por más que esté terminantemente prohibido á los maquinistas acuñar las válvulas de seguridad en la marcha directa, se advierte que esta operación es mucho más peligrosa en la marcha á contra-vapor por el riesgo de una explosión, en el caso de acumularse gases fijos en la caldera.

2.ª La llave de toma de vapor no debe tenerse abierta más

que el tiempo puramente necesario para invertir la marcha; pues en otro caso, parte del agua inyectada sale por la chimenea sin producir efecto útil.

3.^a Cuando el contra-vapor se emplee á más de un 40 por 100 de admisión, conviene cerrar el escape, porque de este modo se evita la acumulación de agua en la caja de humo.

4.^a Si el inyector Giffard dejase de funcionar, probaría haber entrado gases fijos en la caldera, y el maquinista debe en este caso poner al punto muerto la distribución y abrir el ventilador para dar salida á los gases, manteniéndole abierto hasta que el inyector funcione.

5.^a El maquinista examinará muy atentamente la presión de su máquina, y si aquella sube rápidamente ó se manifiesta en la aguja del manómetro un movimiento de trepidación, abrirá inmediatamente el ventilador, y si la presión no baja, pedirá frenos para mantener la velocidad, y pondrá la distribución en el punto muerto hasta que la presión normal se haya restablecido.

El aumento rápido de presión indica la entrada de gases fijos en la caldera, lo cual implica un peligro de explosión, y el maquinista debe evitar este caso con sumo cuidado por medio de una inyección de agua siempre suficiente.

6.^a El nivel de agua en la caldera debe mantenerse elevado para evitar la falta de agua si hubiese dificultades en la alimentación.

7.^a Si el esfuerzo del contra-vapor fuese suficiente para hacer patinar la máquina en sentido inverso, el maquinista disminuirá en seguida la admisión hasta que el equilibrio entre las fuerzas se restablezca.

Y 8.^a En cuanto un tren quede parado por el contra-vapor, el maquinista mandará apretar frenos, cerrará el regulador y la llave de toma de agua, llevará la palanca de cambio

de marcha al punto muerto y abrirá los purgadores de los cilindros.

Con este poderoso freno se consigue conservar constante la velocidad que se quiera en las fuertes pendientes de gran longitud, sin necesidad de acudir á ningún otro freno.



LECIÓN LXXVII.

Estabilidad de una locomotora en marcha.—Movimientos de lanzadera, galope y balanceo.—Accidentes en la marcha cuya corrección no exige su parada definitiva.

Al conducir un maquinista la locomotora y el tren de que se ha encargado, notará que esta máquina al trasladarse de un punto á otro, sufre ciertos movimientos que son contrarios á su estabilidad y que ocasionan un aumento de resistencias pasivas.

Para comprender mejor estos movimientos, supongamos que por el centro de la máquina (y lo mismo de cualquier carruaje) pasan tres ejes; uno horizontal en sentido de la vía *A*, otro también horizontal perpendicular á la misma vía *B* y otro vertical *C*.

Si la máquina parece como que gira ó quiere girar al redor de *C*, tendremos el movimiento llamado de *lanzadera*, que puede ser ocasionado por excesivo juego de los cuellos ó husillos de los ejes dentro de sus coginetes; por ser demasiado largos los enganches de un carruaje con otro, no estando

en contacto los topes; por no estar colocados los carriles en línea continúa, sea recta ó curva; por estar ya gastada la llanta de la rueda, y alterada su conicidad; ó bien porque la potencia no se ejerza en el sentido del tren sino oblicuamente, por defecto de montaje de la máquina.

Si la máquina se mueve á saltos hácia adelante y hácia atrás, como si girara al rededor del eje *B*, se producirá el movimiento llamado de *galope*, que puede provenir del desgaste desigual de las ruedas; de la desigual carga que sobre ellos gravite; de falta de tensión en los muelles de suspensión; de un esfuerzo oblicuo de la potencia, respecto del plano horizontal, que tienda á levantar la parte suspendida de la máquina; ó bien del mal estado de la vía.

Si la máquina se inclina tan pronto al lado derecho como al izquierdo de la vía, como si girase al rededor del eje longitudinal *A*, tendremos el movimiento de *oscilación*, *balanceo* ó *cojeamiento*, que es causado por estar flojo ó roto algún muelle de suspensión; por haber en un lado de la máquina más peso que en el otro; por estar desigualmente desgastadas las dos ruedas de un mismo eje; ó por mal estado de la vía.

Bien sea por causa de cualquiera de estos movimientos anormales, bien por motivos muy distintos, ocurren frecuentemente en el mecanismo de una locomotora incidentes que sin ocasionar la suspensión de la marcha de la máquina, es preciso corregir en cuanto se hagan notar del maquinista.

Estos accidentes son: calentamiento de las superficies frotantes; juego ú holgura indebida entre las mismas; rotura de algún órgano.

El calentamiento de una superficie frotante, espresa un exceso de rozamiento y se da á conocer en los cuellos de los ejes y sus coginetes, en los botones y coginetes de las bielas motrices y acopladas, entre las cajas de grasa y sus guías, entre el anillo y collar de la excentrica, en las guías y vásta-

gos del distribuidor, entre el pistón y el cilindro y en los prensa estopas de uno y otro.

Este calentamiento proviene de un excesivo ajuste entre estas piezas, de un engrasado insuficiente ó de la interposición de un cuerpo extraño, bien por rotura de la misma pieza, bien por la presencia del polvo del camino. Su existencia se hará notar del maquinista por el calor que posee la pieza que roza demasiado, por el olor á aceite quemado que se nota, aunque sea en plena marcha, por el silbido y ruido especial que se produce, y por último, por el movimiento característico que toma la máquina y que en el momento percibe y comprende el maquinista experimentado.

Los medios de corrección son los que el mismo defecto exige y enseña por si solo.

El juego, holgura ó choque de estas mismas piezas, como de todas las que están en continuo contacto, puede existir en el sentido longitudinal de la máquina ó en el transversal: ésta es poco importante cuando no es muy exagerada, pero es indicio seguro de que pronto aparecerá aquella, que es la verdaderamente perjudicial y la que hay que corregir con toda premura. Unas veces, según los órganos que sean, se puede corregir sin necesidad de desmontar nada, otras veces hay que hacer la reparación en el taller. En las primeras se procederá según exija la naturaleza del mal, apretando llaves ó cuñas, tornillos de presión, chavetas, pasadores, etc., etc.

Este juego se deja conocer por el exámen ocular del mecanismo, por el ruido ó golpeo que se produce, y por su influencia en el órgano á que van unidas.

El juego que tengan todas las piezas correspondientes al mecanismo de la distribución, se hará notar en la llave ó *cerrrojo* de la palanca de cambio de marcha, que en vez de estar en reposo dentro de su muesca, se moverá con una pequeña oscilación, comunicando á la pieza un temblor general.

La rotura espontánea de un órgano es muy difícil que se presente, sin que antes se haya iniciado por medio de alguna grieta, á no ser que se hayan roto ó hayan desaparecido las llaves, pasadores, tornillos y chavetas que sujetan á todos los órganos; pues si así sucediera, claro es que la consecuencia inmediata é inevitable sería la rotura instantánea de la pieza, que debiendo estar sujeta se encuentra completamente suelta. Por esta razón, sólo se puede evitar el peligro de una rotura espontánea con un examen atento, minucioso y frecuentísimo de todo el mecanismo de una locomotora.

Es evidente que la rotura de una de las piezas esenciales de cualquiera de las dos máquinas conjugadas que constituyen la locomotora, exige la parada de ella, y por tanto, el que teniendo que marchar la locomotora con una sola máquina, queda disminuida en la mitad su fuerza de tracción.

La parada ó inutilización de una de las máquinas se ha de hacer impidiendo el movimiento del pistón y del distribuidor de la máquina averiada. Esto puede hacerse de dos modos: ó llevando pistón y distribuidor, hechos independientes, al extremo de su corrida del mismo lado, ó fijando el distribuidor ó repartidor en el medio ó punto muerto de su corrida.

El primer medio es el más seguro y el más fácil de ejecutar; para ello basta desmontar la biela motriz, hacer independientes uno del otro el pistón y el distribuidor, llevar los dos al final de la corrida, de delante mejor que de detrás, acuñar el vástago del pistón en sus guías y sujetar fuertemente atando todas las piezas móviles que han quedado libres.

Con esto ha quedado descubierta la luz de detrás, por la que entra el vapor; pero como siempre obra sobre la misma cara del pistón, no produce movimiento alguno, y es como si no entrara.

Si los cilindros de la máquina son inclinados, entonces hay

que colocar pistón y distribuidor del lado de la tapa más baja.

Aunque el acuñaado ó sujeción del pistón por medio de su vástago no es indispensable, debe hacerse con un taco de madera y con el apretado del prensa-estopas.

El segundo medio, que es el de fijar el distribuidor en su punto muerto, se aplica en especial en el caso en que se rompa el vástago del pistón y éste rompa á su vez la tapa del cilindro, y en aquél en que el pistón se rompa dejando pasar el vapor de una cámara á otra.

Para colocar el distribuidor en su punto muerto, no hay más que colocar bien verticales las manivelas, porque aunque el tirador no esté entonces exactamente en él, los recubrimientos exteriores obturan las luces del espejo; pero si la rotura de una de las piezas relacionadas con el distribuidor ha alterado la posición de éste con relación á la manivela, ya no puede emplearse este método, y entonces se coloca en el punto muerto, del modo siguiente: se hace libre el vástago del distribuidor, se lleva éste al extremo de su corrida, y se señala en el vástago con una raya la parte que se ha ocultado hasta la cara del prensa-estopas; se lleva el distribuidor al extremo opuesto de la corrida, se señala otra raya análoga en el vástago y la mitad de la distancia que separa á las dos marcará el punto muerto ó medio de la corrida.

Del mismo modo que antes se sujeta su vástago con el prensa-estopa y se acuña el pistón. La exactitud de esta maniobra se conoce por medio de los grifos de purga del cilindro, que no deben dar vapor después de abiertos.

Cuando uno de los órganos que componen el aparato del regulador, llave ó válvula de admisión, sufra una avería que no impida el juego de éste, imposibilitándole para ser abierto ó cerrado, sucederá que en el segundo caso se continuará marchando con el aparato de cambio de marcha, llevando la pre-

sión en la caldera al *mínimum* posible: en el primer caso, cuando queda cerrado, queda la máquina inutilizada por sí misma, y hay que esperar á otra que la remolque.

Cuando sufran rotura alguno de los demás órganos esenciales del mecanismo, se procederá como determina la siguiente

INSTRUCCION DE LOS FERRO-CARRILES DEL NORTE.

«§ II — *Rotura de una biela de acoplamiento.*—En este caso no hay necesidad de inutilizar todo un lado de la máquina.

Cuando una rotura de esta clase se produce en una máquina mixta, basta desmontar la biela averiada y su correspondiente del otro lado, y continuar con la máquina, que queda de este modo convertida en máquina de ruedas independientes.

En una máquina de 6 ó de 8 ruedas acopladas, si es una biela de acoplamiento rígida la que se ha roto (las del centro en una máquina de 8 ruedas), es preciso desmontarlas todas y continuar así como con una máquina de ruedas independientes. Por el contrario, si es una biela de acoplamiento articulada, basta sólo con desmontar la correspondiente del otro lado y transformar así una máquina de 8 ruedas acopladas, en máquina de 6 ruedas acopladas, y una de este último tipo en máquina mixta.

§ III. — *Rotura de una válvula de distribución.*—En el caso de romperse una corredera ó válvula de distribución, de romperse su cuadro ó su vástago, ó en fin, en el caso de desengancharse la chaveta, el movimiento de lanzadera y la irregularidad del escape de vapor que se produce inmediatamente, advierten al maquinista que hay un desarreglo en la distribución; pero como la pieza rota no es visible, este no debe principiar á desmontar pieza alguna sino despues de haberse per-

fectamente asegurado de cuál es la que está averiada y del lado en que se encuentra.

Cuando hay rotura del cuadro ó del vástago de la válvula en el interior de la caja de vapor, la corredera es empujada hácia adelante y permanece así, y por consiguiente el purgador de atrás, del cilindro correspondiente, es el que únicamente da salida al vapor, pero de una manera constante.

En este caso, el maquinista debe inutilizar todo el lado averiado de la máquina, como se ha dicho ya en el párrafo primero, calzando ó sujetando el émbolo en el fondo de su carrera hácia adelante, ó sea del lado mismo en que se ha parado la válvula, y fijando esta última en la misma posición, es decir, hácia adelante, por medio de su vástago, que se obliga á poner en contacto con ella, y se sujeta ó acuña por medio del prensa-estopas.

Cuando se desengancha la chaveta, la válvula es, por el contrario, llevada hácia atrás, donde queda, y es en este caso el purgador de adelante del cilindro correspondiente el que da vapor única, pero constantemente.

El maquinista en este caso debe obrar como en el precedente, pero colocando, tanto el émbolo como la corredera, al extremo de sus carreras respectivas, hácia la parte de atrás, en vez de colocarlas hácia la de adelante.

Puede también producirse la rotura de un reborde de la válvula ó de la tabla de resbalamiento, ó en fin, de la corredera por el medio longitudinalmente, ó en el hueco en que va alojado el vástago. En todos estos casos se oye en la chimenea un silbido constante de intensidad variable, según la importancia de la salida ó escape de vapor, y los dos purgadores del cilindro correspondiente dejan al mismo tiempo salida al vapor, pero el lado de la admisión en mayor proporción que el otro.

Cuando la pérdida de vapor no es muy considerable, el

maquinista puede generalmente continuar con su tren sin desmontar nada; pero en el caso contrario deberá inutilizar todo el lado averiado, como se ha manifestado en el párrafo primero, y fijar la corredera en la posición más favorable, sea en el extremo de carrera, en un sentido ó en otro, sea en el punto muerto, según la posición de la rotura. Sin embargo, si la rotura fuese tal que en ninguna posición la corredera pudiese cerrar el orificio de escape, el maquinista pedirá inmediatamente el socorro y preparará su máquina para que pueda ser remolcada.

§ IV.—*Rotura de un émbolo.*—Cuando la rotura de un vástago de un émbolo se produce en el interior del cilindro, se dejan sentir golpes violentos, y es muy raro que como consecuencia no se produzca la rotura de la tapa de adelante del cilindro.

El maquinista en este caso también debe inutilizar todo el lado averiado de la máquina, procediendo como se ha indicado en el párrafo primero, pero fijando la corredera en el punto muerto en vez de colocarla al fondo de su carrera, y continuar así con un sólo cilindro. Deberá durante toda la marcha tener cuidado de dejar abiertos los purgadores del cilindro inutilizado.

ARTÍCULO 5.º—ROTURA DE UN MUELLE.

Si es un muelle de máquina ó de ténder de 6 ruedas, el maquinista debe moderar mucho la velocidad después de haber calzado la caja de grasa. Si es un muelle de ténder de 4 ruedas, en vez de calzar la caja de grasa, es mejor quitar el muelle correspondiente del otro lado.

ARTÍCULO 6.º—ROTURA DE UN EJE, AFLOJAMIENTO DE UNA RUEDA Ó DE UNA LLANTA.

En este caso el maquinista debe desde luego, mientras es-

para el socorro, extinguir el fuego; en seguida, obrando como se deja dicho, procederá á desmontar la parte del mecanismo necesaria para hacer independiente el eje averiado y para que la máquina pueda ser remolcada hasta el depósito más inmediato, ó si esto no fuese posible, hasta la primera estación. Deberá en seguida calzar por arriba las cajas de grasa de los ejes no averiados, aflojar los muelles del que lo está, y por medio de gatos levantarle con sus ruedas y sus cajas de grasa. Estas últimas se dejarán bien calzadas por debajo, con el fin de suspender las ruedas encima de los carriles á una altura suficiente para que no giren en marcha.

Toda esta operación ofrece pocas dificultades tratándose de un eje de en medio; pero si es un eje de delante ó de atrás, sobre el cual carga una parte bastante considerable del peso de la máquina, no deberá ya limitarse á levantarlo. En este caso, los medios á que hay que recurrir varían, según la construcción de la máquina y la carga sobre el eje. Así, algunas veces se coloca sobre la extremidad opuesta de la plataforma un cierto número de objetos pesados; otras se hace soportar la traviesa sobre la prolongación de los largueros de un wagón cargado, ó sobre una pequeña wagoneta de servicio ó plataforma, una wagoneta de la vía, ó, en fin, se reemplaza el eje por otro del mismo sistema.

Las mismas precauciones deberán tomarse cuando una rueda se ha desacuñado sobre el eje, ó cuando una llanta ha caído ó se encuentra floja.

ARTÍCULO 7.º—DESCARRILAMIENTO.

§ I.—*Descarrilamiento de una máquina ó de un tender.*—A la primera sacudida producida por el descarrilamiento, el maquinista y el fogonero deben instantáneamente, el uno cerrar el regulador, silbar vivamente pidiendo frenos, cambiar

la marcha dando contra-vapor, y el otro apretar el freno del tender. Estos movimientos deben ejecutarse instintivamente, y sin tratar de darse cuenta del accidente.

Parada la máquina, el maquinista visita desde luego el hogar, y si el fuego se ha conservado en el mismo, se decidirá, según el tiempo que juzgue necesario para ejecutar el encarrilamiento, y según el estado de los aparatos de alimentación, sea á tirar el fuego, sea á cubrirlo con arena. En seguida se asegurará con el jefe de tren si las señales reglamentarias de protección están hechas, y se entenderá con éste sobre el socorro que haya de pedirse.

Si la máquina marchase aislada, el maquinista tomará por sí mismo todas las medidas de seguridad prescritas. En seguida se ocupará del encarrilamiento de la máquina.

En caso de estar heridos el maquinista ó el jefe del tren, el fogonero y los guarda-frenos deberán asegurar las disposiciones antes indicadas.

Antes de dar principio á los trabajos para el encarrilamiento, el maquinista debe examinar con calma la posición de la máquina y del tender, y fijar bien en su mente la marcha que se propone seguir en este trabajo, debiéndose penetrar bien del principio de que los medios más seguros son los más rápidos.

Cada descarrilamiento presenta circunstancias particulares; no obstante, ciertas medidas son siempre indispensables y de aplicación general.

Así, es preciso empezar por separar el tender de la máquina; en seguida desmontar las piezas que estorban la manobra, tales como los quita-piedras, las rótulas, etc., y calzar las cajas de grasa de modo que formen cuerpo con el bastidor y queden independientes de los muelles.

Los calces de madera deben colocarse sobre un terreno sólido, y arreglarse con esmero, á fin de que no estorben cuan-

do sea necesario colocar los aparatos para el levante ó las piezas de madera para sostener la máquina y haya necesidad de retirar los útiles que han llegado al extremo de su carrera.

Antes de proceder al levante, es preciso calzar sólidamente las ruedas del extremo opuesto para evitar que se hundan en el suelo. Por el lado en el cual funcionan los aparatos para el levante, los agentes deben ir colocando calses de madera debajo de las ruedas á medida que estas se elevan.

Cuando las pestañas han sido elevadas sobre el nivel de los carriles, y que al mismo tiempo la máquina está poco separada de estos, se le puede conducir directamente sobre ellos por medio del tornillo horizontal de los gatos. Si, por el contrario, está bastante distante, el modo de proceder deberá elegirse por el maquinista ó por el Agente de la tracción que haya venido al socorro, y dependerá de la posición de la máquina y del perfil de la vía. Con frecuencia la maniobra será mucho más rápida que por otros medios, cortando la vía principal y desviándola para llevarla en la dirección de la posición ocupada por la máquina.

Para un ténder descarrilado las prescripciones son las mismas que para una máquina.

§ II.—*Descarrilamiento de un wagón.*—Cuando un maquinista observa en su tren un wagón descarrilado, debe inmediatamente hacer apretar los frenos por los Guarda-frenos, y regularizar la rapidez de la parada, según la posición que el wagón ocupe en el tren y según la pendiente de la parte de la vía que viene recorriendo. En caso, por ejemplo, de que el wagón descarrilado se encuentre en la segunda mitad del tren, debe parar lo más pronto posible, y lo mismo debe hacer para un tren muy ligero, cualquiera que sea la posición que en él ocupe el wagón.

Después de la parada, el maquinista se pondrá de acuerdo con el Jefe de tren respecto á las medidas de seguridad y de

socorro, conforme se ha dicho antes, y encontrándose su máquina en condiciones para poder estacionar sin inconveniente, procederá al levantamiento, que se llevará á cabo según los mismos principios que el de una máquina.

Cuando un eje está torcido ó roto, ó cuando no puede ir en sus placas de guarda, se podrá con frecuencia hacer continuar el wagón descargado colocando la extremidad averiada sobre otro wagón que esté cargado; para esto se unen muy sólidamente los topes y las traviesas ó cabezal de los dos wagones.

Si los dos ejes están fuera de servicio, es preciso cargar el bastidor con la caja sobre un wagón plataforma, ó bien hacerla llevar sobre los topes de los wagones anterior y posterior, atando sólidamente las traviesas de cabeza como en el caso precedente.

En todo descarrilamiento el maquinista es el único encargado de la dirección del trabajo de levantamiento, hasta que un Agente superior de la tracción llegue al punto del suceso y tome el mando; en el trabajo deberá ser auxiliado por los Agentes disponibles del tren y por los de la vía.

LECCION LXXVIII.

Obligaciones del maquinista para con sus superiores é inferiores.—Obligaciones propias.—Higiene.—Modo de atender en los primeros momentos á las heridas y accidentes que más frecuentemente suelen ocurrir.

Para tratar los puntos que son objeto de la presente Lección con toda la claridad necesaria, consideramos cada uno de ellos dividido en dos partes: una que se refiera á las máquinas fijas y otra á las locomotoras.

Es evidente que cuando un establecimiento industrial tiene en marcha varias máquinas de vapor fijas, que ejecutan los múltiples trabajos que aquella industria exige, han de ser varios los maquinistas y fogoneros que atiendan á su servicio en la forma, tiempo y condiciones que sean necesarios: y que en este caso, como en todos los asuntos en que ha de intervenir más de una persona, existirá un reglamento en el que se marcarán con toda precision los deberes de cada uno de los que se han de ocupar de aquellas máquinas.

Innecesario es decir que de estos casos no tenemos que ocu-

parnos nosotros, porque claro es que pudiendo variar hasta lo infinito las prescripciones que aquellos reglamentos comprendan, no podemos ni debemos estudiarlos, lo uno por imposible de hacerlo con todos ellos, y lo otro, porque esos reglamentos obedecen á necesidades singulares y tal vez especialísimas de una industria determinada, de situación local precisa, de costumbres inveteradas que se respetan, de exigencias municipales, gubernamentales, etc., etc.; por lo que, nos limitaremos á decir que el deber de todo empleado es respetar y cumplir religiosamente los deberes que se le marcan, poniendo de su parte todo cuanto su inteligencia y celo le sugieran para llenar mejor aquellas obligaciones en beneficio de quien retribuye y recompensa su laboriosidad.

Nosotros debemos ocuparnos de expresar aquellos deberes que ó no constan en los reglamentos, ó si constan, lo hacen de una manera tan general y lacónica, que se necesita una explicación para su completa inteligencia.

Así, en el caso en que siendo varios los maquinistas que se ocupen en la conducción de diferentes máquinas que haya en un establecimiento industrial, habrá un maquinista jefe ó un ingeniero mecánico que dirigirá todo cuanto sea conveniente á maquinaria, que responderá del buen servicio y marcha de todas las máquinas y que por tanto, será el jefe de todo el personal afecto á las mismas.

A este jefe es al que debe dirigirse el maquinista en todos aquellos casos en que ocurra alguna avería de relativa importancia; en el momento en que observe algún defecto que á su juicio pueda ocasionar más pronto ó más tarde, perjuicio de consideración; á quien debe consultar en todo aquello que su diaria práctica y su inteligencia concentrada en el estudio de un solo punto, le indique como conveniente modificar ó alterar. Este jefe no ha de ser para él, el superior en gerarquía á quien se le van ocultando los defectos de la máquina ó del

servicio, por temor al castigo que pueda sobrevenir; á quien sólo se da parte de lo ocurrido durante el tiempo de su presencia en la máquina, limitándose á expresar con el mayor lacónismo posible los hechos pasados, sin hacer indicaciones para lo que racionalmente se prevee ha de suceder, porque si así considerara un maquinista á este superior, no sería acreedor ni á continuar en el puesto que desempeña, ni á la estimación y consideración de su jefe; estimación y consideración que si á todo hombre de pundonor que vive en sociedad agrada merecer de sus semejantes, es mucho más satisfactoria cuando se la dispensa el superior, porque entónces es muestra inequívoca de su exacto e inteligente modo de proceder. El maquinista, sin tratar nunca de borrar la distancia que le separa de su jefe, ha de mirar á éste con el respeto, consideración y cariño que merece todo jefe que á su vez considera y respeta al personal que tiene á sus órdenes.

Si el maquinista tiene á sus órdenes, por exigirlo la clase é importancia de máquina que maneja, ayudantes de máquina y fogoneros, debe tratarlos á su vez con toda la consideración y respeto que él tiene derecho á merecer de su superior, y debe ser tan exigente y recto en cuanto concierne al buen servicio como con él lo es aquel jefe. Debe tener muy presente, el que siendo el personal á sus órdenes muy inferior á él en conocimientos y práctica, no debe encomendarles nunca un servicio que no esté completamente seguro de que será bien desempeñado, ni debe tampoco confiarse con exceso, cuando encuentre en él mayor inteligencia de la ordinaria ó debida, para conferirle un trabajo delicado de su exclusiva competencia ú obligación, porque se vería muy expuesto á perjudicar á la máquina y á sufrir las consecuencias de su injustificada confianza y cesión de deberes.

El servicio de las máquinas exige por parte de todos un rigor y una inflexibilidad tal, que si se prescinde de ella por

cualquier motivo, carga su conciencia con responsabilidades que debe á todo trance evitar.

Si la excesiva tolerancia de las faltas ó descuidos de un maquinista ó fogonero llega á relajar el rigor de los reglamentos ó la disciplina entre superiores é inferiores, ó viene á borrar la idea del puesto de peligro y de honor, que el maquinista y fogonero ocupan constantemente, y por consecuencia de todo esto estalla un día una caldera, privando de la vida á infelices que en nada intervinieron en ello, se estrellan en el pozo de una mina los pobres obreros, que iban ó acababan de ganar el jornal que representa el sustento de su familia, ó por un descuido de cualquier índole, es una ó más personas cogidas por la máquina y trituradas en sus engranes; el jefe, el maquinista y el fogonero que con su conducta, no del día en que ocurre la catástrofe, sino anterior, diera lugar á ella, son los responsables, sinó legal, por lo menos moralmente, de todas las desgracias causadas.

Más penoso, más delicado y más cargado de responsabilidad es el servicio del maquinista encargado de la conducción de una locomotora. Los jefes, con los que puede consultar sobre cualquier punto técnico, no los encuentra sino precisamente en el momento en que la máquina está parada y en que tal vez dejó de existir la causa de la consulta ó la inminencia del peligro. En el momento de poner la máquina en marcha, el maquinista no cuenta ya con más auxilios que su saber y su serenidad ó sangre fría y su valor personal, y estas últimas cualidades, tan recomendables en todo maquinista, son de todo punto indispensables en el conductor de locomotoras, hasta el extremo de ser tal vez preferibles á la mayor inteligencia.

En efecto, el maquinista conductor de locomotoras, que conduce un tren de viajeros, y que nota un peligro inminente en su máquina, en la vía, ó en un choque, ha de considerar y gravar en su corazón é inteligencia que á su pericia y valor

van confiados centenares de personas, cuyas vidas están pendientes de su modo de obrar. Así, pues, haciendo el sacrificio de su vida en aras de la conservación de la vida de los demás y en aras del cumplimiento de su deber, atenderá con toda prontitud, serenidad y lucidez de inteligencia, á evitar el peligro presentado ó á disminuir sus dañosas consecuencias, sin acordarse nunca de que su salvación personal estaría en el abandono de la máquina y muriendo, si preciso fuera, agarrado á la palanca de cambio de marcha ó á los diferentes órganos de su máquina.

Este maquinista, que es jefe del fogonero que á sus órdenes marcha en la plataforma con él, debe tener presente que nunca ha de ordenar á éste recorra la máquina una vez puesta en marcha y que si una exigencia del servicio se impusiera y fuera necesario esto, debe él hacerlo siempre que la máquina tenga los pasamanos necesarios á lo largo de la caldera: no debe olvidar que el fogonero no llega á ser ayudante de máquina, y que por tanto, nada debe confiarle que sea extraño á su deber y conocimientos.

Entre las obligaciones propias de un maquinista, sea conductor de máquinas fijas, sea de locomotoras, están en primer término los de la inspección completa de la máquina al hacerse diariamente cargo de ella, la de tener siempre completo el instrumental necesario para las pequeñas reparaciones y la de tener constantemente limpia y brillante su máquina.

En efecto, es escusado insistir en la absoluta necesidad en que se encuentra el maquinista de recibir la máquina que otro compañero le entrega, por decirlo así bajo inventario, toda vez que él la recibe como en buen estado, si no protesta ó hace constar en el acto de la entrega del estado de tal ó cual órgano, y por tanto, responde de daños ó averías que otro causó y que él no vió, si no hizo el examen con la minuciosidad é inteligencia necesaria.

Del mismo modo, si en el curso de la marcha de la máquina ocurriese la necesidad de apretar ó aflojar un perno, chaveta, tornillo, etc., reponer una válvula, corregir un escape, etc., y no pudiera hacerse por falta de herramientas ó material á propósito, nadie más que el maquinista sería el responsable.

Si al visitar una máquina encuentra el visitante que está limpia, bien cuidada, sus partes pintadas lo están con esmero y buen gusto, las pulimentadas brillantes; si no encuentra exceso de aceite ó materias lubricantes, ni en los engrasadores, ni en las latas que recogen las escurriduras; sino encuentra escapes de vapor injustificados, si observa limpieza en el suelo y paredes de la casa máquina, es seguro que formará buen juicio del maquinista encargado de su conducción y cuidado, y que su ánimo se encontrará dispuesto á juzgarlo con benevolencia.

Y claro es que si tan agradable es la limpieza, y por decirlo así, la higiene de la máquina, más agradable será todavía el ver que el maquinista lleva su máquina, vistiendo un traje aseado y curioso, por más que ostente señales inevitables del trabajo que presta y su persona ostenta limpieza y pulcritud.

Si la limpieza de una máquina contribuye á su mayor duración y á su mejor conservación, también la limpieza ó higiene en general de un maquinista le preservará de peligros y enfermedades que su olvido le acarrearían forzosamente.

Así es que el maquinista conductor de máquinas fijas tendrá buen cuidado de no tener corrientes de aire dentro del edificio, no sólo porque corre peligro de que se rompa algún órgano de la máquina, según ya digimos, sino porque puede él mismo adquirir un enfriamiento de fatales consecuencias. Deberá tener mucho cuidado de mantener dentro del edificio una atmosfera todo lo más pura posible, estableciendo una ventilación conveniente, así como luz suficiente para percibir

desde su puesto todos los detalles de su máquina. Cuidará de ir vestido conforme lo exija la estación del año, pero sin exagerar ni el excesivo abrigo, ni el estar demasiado desabrigoado, porque los frecuentes cambios de temperatura que ha de sufrir al ir de las calderas á la máquina ó al exterior, le exponen á peligros, que lejos de aumentar, debe aminorarlos el vestido: consecuencia de estos es el que procure no estar nunca con la cabeza descubierta. Tendrá también cuidado de que la forma del traje sea ceñida al cuerpo, sin estar suelta ni tener grandes bolsillos, porque de este modo desaparece el peligro de que pueda ser cogida la ropa al tiempo de engrasar ó apretar algún tornillo, etc. Se lavará frecuentemente las manos y la cara á fin de desprender la suciedad y grasas con que se haya manchado durante sus faenas y facilitar la transpiración, que tan conveniente es á todo el mundo, y sobre todo á un maquinista.

En el maquinista conductor de locomotoras deben exigirse de todas las precauciones y cuidados dichos, aquellos que son compatibles con su especial cargo; así es que se le debe exigir la limpieza y aseo de su máquina, la inspección completa del mecanismo en cada estación de parada que deje tiempo para ello; el vestido apropiado á la estación, recomendándole más enérgicamente que envuelva perfectamente su cuerpo en un traje ceñido y que abrigue con todo cuidado en invierno y verano el pecho, vientre y cabeza; que en tiempo de lluvias ó nieves se cubra con un fuerte abrigo impermeable, con su correspondiente capucha, teniendo cuidado que este abrigo no sea de goma ó caucho como los impermeables ordinarios, porque como esta sustancia se disuelve con el aceite, cada mancha de grasa será un roto en el traje; tendrá también cuidado de no mirar la vía adelante más que á través de los cristales de la pantalla ó visera protectora, á fin de que no se lastime los ojos con el humo y chispas de la chimenea, ni con la violen-

cia del viento: y por último, que nunca salga de la plataforma ni se apoye en el tender y máquina á un tiempo, porque puede suceder que se desprenda la máquina del tender, y por tanto, caiga él á la vía, quedando aquella abandonada: su puesto es á pié firme en la plataforma, sin estar ni delante de la palanca de cambio de marcha, porque ésta pudiera desprenderse y herirle gravemente, ni delante de la puerta del hogar, para no tomar demasiado calor ni correr peligro de quemarse.

Por último, si un accidente desgraciado ocasionara algunas víctimas, es preciso que se atienda inmediatamente á su curación, mientras se da tiempo á que pueda llegar el médico que se habrá avisado en el primer momento.

Estos socorros se prestarán bajo la dirección del jefe de mayor categoría que se halle presente, y como puede suceder que sea éste el mismo maquinista, pondremos á continuación, para su conocimiento, la Instrucción que al efecto publica Gaudry en su obra de máquinas de vapor.

Instrucción relativa á los primeros socorros que deben prestarse á los heridos antes de la llegada del médico.

Disposiciones generales.—Lo primero que debe hacerse es levantar al herido con toda precaución y llevarlo fuera del sitio del accidente, dándole la posición más cómoda posible al abrigo del frío, de la humedad ó del sol, para proceder en seguida á prestar los cuidados que su estado requiera.

Se debe evitar la aglomeración de personas al rededor de los heridos, pues si estos socorros han de ser eficaces, se han de prestar con calma, sin precipitación, y sobre todo sin inquietar al herido.

No se lavarán las heridas más que con *agua sola*, y nunca con agua salada ó cualquier otro líquido.

En caso de fractura hay que evitar darle tirones al herido, y no se le despojará de ropa sino en caso de absoluta necesidad.

Si hay lesión en uno de los miembros inferiores, se debe evitar además que el herido ande.

Se prohíbe dar á beber á todo herido ninguna bebida espirituosa ó fermentada, como vino, aguardiente, licores ó cervezas; sólo se le administrará en caso necesario agua pura ó azucarada en pequeña cantidad: mucho menos darle alimentos sólidos antes de la llegada del médico.

Diversos casos se presentan.

Heridas.—Hay que descubrir suavemente la parte herida, cortando las ropas con tijeras. Con un lienzo ó con una esponja empapados en agua fresca, se separa la sangre, la tierra y demás partículas que ensucian y perjudican la herida. Se coloca la parte herida de modo que se encuentre esta lo más cerrada posible; se la cubre con una compresa mojada en agua fría, que se sujeta con una venda, si es posible hacerlo sin mover fuertemente la parte herida.

Si no hay más que un simple corte de bordes bien determinados, se puede aproximar estos bordes con los dedos y mantenerlos así con trozos de tafetán engomado ó de sparadrapo de diachilon, que se ablandan previamente al calor de una bugía; encima se aplica una compresa y una venda no muy apretada.

Si algún fragmento de cuerpo extraño, como hierro ó madera, ha penetrado en la carne, se le extraerá, si esta operación puede hacerse con facilidad y sin tirar mucho; si no es así, se dejará hasta la llegada del médico.

Si hay contusión, se aplicarán sobre la parte lesionada compresas empapadas en agua fresca, en la que se han

vertido 20 ó 25 gotas de extracto de Saturno por cada vaso de agua: se sujetarán estas compresas con una benda poco apretada, que se mantendrá constantemente húmeda.

Pérdida de sangre ó hemorragia.—Cuando una herida mana sangre en corta cantidad, basta para cortarla aproximar los bordes de la herida y aplicar sobre ella una planchita de yesca, sobre la que se ejerce una ligera compresión.

Si la sangre se pierde con abundancia, se procurará detenerla aplicando sobre la herida trozos de yesca ó placas de hilas, que se sostienen con la mano, con un pañuelo ó con cualquier bendaje que comprima moderadamente.

Cuando la sangre se escapa con mayor abundancia ó por un chorro rojo ó escarlata intermitente, y que el herido pálido y desfallecido corre riesgo de morir por hemorragia, es preciso colocar uno ó más dedos sobre la herida ó sitio por donde sale la sangre y ejercer una compresión suficiente para detener su salida. Si la disposición de la herida le permite, se la deberá coger y comprimir entre el pulgar y los demás dedos. Esta compresión se reemplaza luego con un tapón de yesca, hilas ó lienzo aplicado sobre la herida y sujeto por una benda apretada.

Espustos ó vómito de sangre.—Cuando un herido espupa ó vomita sangre, hay que colocarle de espaldas ó del lado correspondiente á la herida, levantándole suavemente la cabeza y el pecho y hacerle beber agua fresca á pequeños sorbos: además se le aplicarán compresas de agua fría sobre el pecho y la cavidad del estómago.

Luxaciones, distensiones ó dislocaciones—En estos casos se debe evitar con todo cuidado que el miembro dolorido haga ningún movimiento brusco ni de extensión. Se limitará á colocar y sostener este miembro, en la posición que menos dolor cause al herido hasta la llegada del médico.

Si hay desguince, debe sumergirse la parte herida en un

vaso lleno de agua fresca por bastante tiempo, teniendo cuidado de renovar el agua. Si la parte lastimada no puede sumergirse en el agua, se la cubre con compresas empapadas en ella, que se refrescan continuamente.

Fracturas en general.—Debe evitarse todo movimiento inútil al miembro fracturado; al trasportar al herido hay que llevarle ó sostenerle con el mayor cuidado.

Fractura de uno de los miembros superiores.—Si son el brazo, el antebrazo ó la mano, se juntarán suavemente al cuerpo y se le sostendrá en la posición menos dolorosa. En ciertos casos se podrá, para más seguridad, mantener inmóvil el miembro contra el pecho con una benda ó pañuelo colocado transversalmente.

Fractura de uno de los miembros inferiores.—Si son el muslo ó la pierna, se coloca suavemente al herido en una camilla ó lecho, extendiendo con precaución el miembro lastimado sobre una almohada, á la que se sujeta con dos ó tres vendas regularmente apretadas.

Si esto no pudiera hacerse por falta de medios, se junta el miembro fracturado con el sano y se liga á ambos en toda su longitud con bendas ó pañuelos, que no se aprietan demasiado, si no de modo que el miembro sano sostenga al otro impidiendo toda alteración en la fractura. Es importante sostener el pie y evitar que caiga á un lado cualquiera.

Este segundo medio de contención debe emplearse siempre que haya que trasladar al herido á otro sitio.

Fracturas complicadas con heridas. Miembros magullados ó arrancados.—Cuando un miembro ha sido magullado ó destrozado y completa ó casi completamente separado del cuerpo, el accidente más temible es la hemorragia ó pérdida de sangre, que es preciso detener con la rapidez posible, ya sea comprimiendo con los dedos la parte por donde sale la sangre, ya sea aplicando una ligadura sobre la herida, apretada por un

pañuelo ó benda. Si la ligadura basta para contener la sangre, se cesa en la compresión con los dedos, se cubre la herida con grandes compresas empapadas en agua fria, y se cuida de mantener completamente inmóviles las partes heridas. Nunca debe cortarse ningún pedazo de carne, por pequeño que sea el pedículo que le une al resto del cuerpo.

Quemaduras.—Hay que cuidar con todo esmero de conservar y volver á colocar en su sitio todos los pedazos de piel levantados ó medio arrancados. Las ampollas se pinchan con un alfiler para dar salida al líquido que contienen. En todos los casos se cubrirá la parte quemada con un lienzo impregnado en cerato ó aceite de almendras dulces, y por encima de él se colocarán compresas empapadas en agua fresca, que se bañarán frecuentemente.

Pérdida del conocimiento; síncope.—Cuando un herido pierde el conocimiento ó se le vé desfallecer, es preciso ante todo aflojar sus ropas, quitando ó aflojando cuanto pueda comprimir el cuello, pecho ó vientre: se acostará en seguida horizontalmente al herido poniendole la cabeza medianamente levantada; se le limpiará la boca y nariz de la sangre, barro ó cualquier otro obstaculo que impida la entrada del aire en el pecho. Se le arrojarán á la cara fuertes y bruscas aspersiones de agua fria; se le friccionará las sienes y narices con vinagre; se le hará también respirar los vapores de un frasco de eter ó de amoniaco y en caso necesario se le darán friegas en la región del corazón con alcohol alcanforado. Estos socorros se han de prestar durante mucho tiempo para conseguir vuelva al conocimiento.

Si el herido ha perdido mucha sangre y si está frio, hay que darle friegas en todo el cuerpo con una franela caliente, abrigarle con esmero y calentar el lecho.

Cuando la pérdida de conocimiento va acompañada de grandes heridas en la cabeza, hay que limitarse á colocar al

herido en la posición más cómoda, con la cabeza algo levantada, sostener el calor del cuerpo, sobre todo de los pies, y esperar la llegada del médico.

Si el herido estuviese completamente embriagado, se le hace tomar á sorbos, á intervalos de algunos minutos, un vaso de agua con azucar, al que se añaden 10 ó 15 gotas de amoniaco. Si fuera necesario se puede dar esta bebida por segunda vez.

INDICE.

Lecciones.

Páginas.

I. — Geometría. — Definición. — Espacio. — Volumen. — Dimensiones del cuerpo — Superficie — Línea. — Punto. — Líneas rectas, quebradas y curvas. — Angulos. — Líneas perpendicular, oblicua y paralela...	5
II. — Polígonos. — Propiedades principales del triángulo, paralelógramo, cuadrado, rectángulo, rombo y trapecio.	9
III. — Círculo. — Sus líneas rectas. — Intersección y contacto de dos circunferencias.	13
IV. — Medida de ángulos. — Medida de líneas. — Líneas proporcionales. — Escalas.	17
V. — Areas del triángulo, cuadrado, rectángulo, rombo, trapecio, y del polígono en general.	21
VI. — Areas del círculo, sector y segmento. — Comparación de las áreas.	24
VII. — Generación y determinación de un plano. — Intersección de planos. — Angulos que forman. — Paralelismo.	28
VIII. — Poliedros. — Generación y descripción de la pirámide, prisma, cono, cilindro y esfera.	31
IX. — Areas de los cuerpos descritos	35
X. — Volúmenes de estos cuerpos.	37
XI. — Definición y propiedades esencialísimas de la elipse, parábola y hélice.	40
XII. — Mecánica. — Constitución física de los cuerpos. — Movimiento. — Inercia. — Gravedad. — Definición é importancia de la mecánica.	45
XIII. — Fuerzas. — Su composición siendo concurrentes. — Par de fuerzas. — Dinamómetro.	52
XIV. — Definición de la máquina. — Palanca. — Balanza.	59
XV. — Polea. — Polipastro. — Torno. — Cabrestante.	68
XVI. — Grúa. — Cábria. — Tornillo sin fin. — Cric.	74
XVII. — Movimientos. — Clasificación de las fuerzas. — Velocidad. — Masa. — Cantidad de movimiento. — Trabajo. — Fuerza viva. — Efecto útil. — Rendimiento en las máquinas.	79
XVIII. — Movimiento uniforme. — Variado. — Rozamiento por resbalamiento y por rotación. — Medios para disminuirlos.	87
XIX. — Gravedad. — Su ley. — Acción é igualdad de la gravedad. — Péndulo.	93
XX. — Choque. — Sus leyes. — Movimiento circular. — Fuerza centrífuga y centrípeta.	99
XXI. — Maquinaria. — Máquinas. — Su constitución física. — Aminoración del trabajo motor. — Medios de reducir	

esta aminoración á su menor expresión.—Circunstan- cias del movimiento de las máquinas á partir del repo- so.—Ventajas del movimiento uniforme.—Medios ge- nerales para conseguirla regulando el motor, el opera- dor ó por medio del volante.	107
XXII.—Organos de comunicación del movimiento.—Trasfor- mación del movimiento rectilíneo continuo en recti- líneo continuo; rectilíneo continuo en circular conti- nuo; circular continuo en circular continuo; correas sin fin; circular continuo en rectilíneo alternativo; biela; manivela.	114
XXIII.—Excéntrica.—Trasformación del movimiento circu- lar alternativo en circular continuo.—El mismo en rec- tilíneo alternativo.—Paralelógramo.	121
XXIV.—Engranajes.—Definición.—Condiciones generales que han de llenar.—Relación de velocidades.—Deter- minación de los radios.—Método práctico para el tra- zado de los dientes	126
XXV.—Engrane en la línea de los centros.—Engranaje in- terior.—En ángulo.—De un piñón y una cremallera.— De un piñón y un tornilo sin fin.	132
XXVI.—Reguladores.—Péndulo cónico.—Manivelas simples y compuestas de simple y doble efecto.	139
XXVII.—Volante.—Sus dimensiones y peso.—Frenos.	147
XXVIII.—Aparatos hidráulicos.—Definición y división.—Des- cripción de las ruedas verticales de paletas planas y de paletas curvas.—Rueda de cajones.	156
XXIX.—Turbiua Fourneyron.—Turbina Jouval ó Koechliu..	165
XXX.—Cadena de arcaduces.—Cadena de rosario.—Tornillo de Arquímedes.	170
XXXI.—Rueda de fuerza centrífuga.—Ariete hidráulico.	175
XXXII.—Máquina de columna de agua de simple y doble efecto.	179
XXXIII.—Definición y propiedades principales del hierro, fundición, acero, cobre, estaño, plomo, zinc.	184
XXXIV.—Calor.—Sus orígenes.—Capacidad calorífica.—Ter- mómetros.	189
XXXV.—Vaporización.—Presión y dilatación del vapor.—At- mósfera y presión atmosférica.—Expresión de la pre- sión del vapor en atmósferas, en centímetros de mer- curio, en kilóg. por centímetro cuadrado, en libras in- glesas por pulgada cuadrada, en grados de temperatura	196
XXXVI.—Manómetros.—Del agua —Condiciones que ha de tener para servir á la alimentación.—Cantidad de agua.	203
XXXVII.—Generador de vapor ó caldera —Construcción de una caldera.—Diversos sistemas de cosido de chapas. —Calidad de los materiales.—Superficie de caldeo.— Su proporción en calderas de fuerza dada.—Cámara de agua.—Cámara de vapor.—Instalación de calderas.	211
XXXVIII.—Hogar.—Rejilla.—Canales ó conductos de humo. —Chimenea de tiro natural.—Idem de tiro forzado.	219
XXXIX.—Estudio de diversos tipos de caldera.—Caldera ci-	

(III)

límpica sin hervidor.—Idem con hervidor.—Caldera Cornwall.—Idem Gallovay	224
XL.—Caldepas verticales de Mauld, Meyn, Bergman y Robey.—Calderas inexplosibles de Belleville, Naeyer y Sinclair.—Idem de hogar fumívoro de Sulzer.. . . .	229
XLI.—Caldera de locomotora.—Caja de fuego.—Su armadura de consolidación.—Caja de tubos.—Su disposición.—Colocación y sustitución de tubos.—	237
XLII.—Accesorios ó guarnición de una caldera.—Descripción de los indicadores y grifos de nivel, del manómetro, del salinómetro, del grifo de purga.	242
XLIII.—Toma de vapor.—Domo.—Válvula de comunicación.—Válvula de seguridad.—Tubo de desahogo.—Válvula atmosférica.—Botón fusible.—Aparatos de alarma.	250
XLIV.—Aparatos para la alimentación de las calderas.—Bomba aspirante-impelente movida por la máquina.	257
XLV.—Bomba de vapor.—Caballo de vapor.—Inyectores Giffard, Koerting y Cohufeld.	263
XLVI.—Agujero de hombre.—Recalentador.—Condiciones generales que debe reunir toda caldera en vista de lo ya expuesto sobre ellas.	269
XLVII.—Combustible.—Turba.—Lignito.—Hulla.—Antracita.—Cok.—Leña.	274
XLVIII.—Cilindro de vapor.—Cuerpo.—Espejo.—Grifos de purga.—Forro de vapor.—Pistón.—Vástago.—Prensaestopas.	279
XLIX.—De la distribución.—Corredera ó distribuidor de concha.—Dibujo para conocer su regulación.—Corredera equilibrada de concha.	285
L.—Empleo de válvulas equilibradas para la distribución.—Cambio de marcha por el distribuidor.—Expansion.—Sus ventajas.	293
LI.—Expansión fija.—Expansión variable.—Por las correderas de cambio de marcha.—Por los sistemas Meyer y Farcot.	299
LII.—Distribución y expansión por válvulas.—Catarata.—Máquina Cornwall.	307
LIII.—Expansión en dos cilindros.—Máquinas Woolf y Compound.	314
LIV.—Condensación.—Sus ventajas.—Condensación por mezcla.—Condensación por superficie.	318
LV.—Cruetas y guías del vástago del pistón.—Biela.—Ejes.—Coginetes.—Placa de fundación.—Lubrificadores.—Unión de tubos de vapor.	327
LVI.—Descripción general de una máquina motriz de vapor, reasumiendo todo lo expuesto.—Clasificación de las máquinas.	334
LVII.—Instalación de una máquina de vapor.	341
LVIII.—Montaje de una máquina.	349
LIX.—Montaje de máquinas semi-fijas y locomóviles.—Detalles de montaje.—Fabricación de mastics y engrases.	359

(IV)

Lecciones

Páginas.

LX.--Manejo y conducción de una máquina de vapor.	365
LXI.--Manejo y conducción de una máquina de vapor.— Continuación de la lección anterior.	374
LXII.--Indicador.—Diagrama.	383
LXIII.--Freno de Prony.—Freno de Brauer.—Averias que suelen ocurrir estando en marcha la máquina.—Para- da de la máquina.—Cuidados subsiguientes á su pa- rada.	390
LXIV.--Aplicación de las máquinas de vapor á la extracción en las minas.	397
LXV.--Máquina de extracción de cilindros conjugados y de cilindros acoplados ó apareados.	405
LXVI.--Máquina de vapor de desagüe.—Tirante maestro.— Bomba.	410
LXVII.--Máquina de desagüe de tracción directa y de rota- ción.—Idem de acción directa.	417
LXVIII.--Bomba centrífuga.—Pulsómetro.—Máquinas de agua y de aire comprimido.—Acumulador.	424
LXIX.--Locomotora.—Caldera.—Colocación y reposición de tubos.—Instrumentos para ello.—Regulador.—Escape. —Soplador.	430
LXX.—Cajas de agua.—Tubo recalentador.—Alimentación con el Giffard.—Averias de éste. Hogar fumívoro	440
LXXI.--Mecanismo.—Cajas de grasa.—Aparato de cambio de marcha de tornillo.—Arreglo y verificación de la distribución	446
LXXII.--Cambio de marcha, sistema Allan.—Diagrama de Zeuner para la distribución.—Diagrama automático. —Dianómegrafo.	456
LXXIII.--Ejes.—Ruedas.—Adherencia.—Resistencia de un tren.—Ruedas acopladas.—Cálculo de la carga que gra- vita sobre ca la eje.—Bielas de acoplamiento.—Con- trapeso en las ruedas motrices.—Avan-tren.	461
LXXIV.--Carro.—Gancho de tracción.—Tensor de tornillo.— Cadena de seguridad.—Topes.—Muelles.—Sujeción de la caldera.—Idem de los cilindros.	473
LXXV.--Estudio de la vía.—Señales fijas.—Idem accidenta- les.—Frenos comunes.—Idem continuos de cadena, hidráulico, de vacío y de aire comprimido.	482
LXXVI.--Freno de contra-vapor.—Marcha con él.—Reglas para su empleo.	493
LXXVII.--Estabilidad de una locomotora en marcha.—Movi- mientos de lanzadera, galope y balanceo.—Accidentes en la marcha cuya corrección no exige su parada de- finitiva.	502
LXXVIII.--Obligaciones del maquinista para con sus superio- res é inferiores.—Obligaciones propias.—Higiene.— Modo de atender en los primeros momentos á las heri- das y accidentes que más frecuentemente suelen ocu- rrir.	514