

piente *a* de aire comprimido unido á dos cuerpos de bomba *b*, cuyas válvulas *t* comunican con el agua que se echa en el gran depósito *n m* que contiene todo el aparato: un tubo *s* da salida al agua en chorro continuo, mientras obra la fuerza en los extremos *p* y *q* de la palanca que pone en movimiento á los dos émbolos. Esta disposición hace que cuando un émbolo sube el otro baja, y que entrando de continuo el agua en el recipiente *a* sea arrojada por la manga *s* á una altura considerable. Los émbolos no tienen válvulas y ajustan perfectamente con las paredes del cuerpo de bomba. Al subir el émbolo se forma el vacío en *b*, y el agua del depósito abre la válvula *t* y llena el cuerpo de bomba: cuando el émbolo baja comprime el agua que se halla en *b*, y cerrando la válvula *t* la obliga á entrar por *e* al recipiente *a*.

*El esfuerzo necesario para hacer subir el émbolo equivale al peso de una columna de agua que tenga por base la superficie del émbolo y por altura la elevación del agua sobre el nivel del depósito.*

Además debe contarse con las resistencias pasivas, que son las siguientes: 1.<sup>a</sup> El frotamiento del émbolo contra el cuerpo de bomba. 2.<sup>a</sup> El frote de agua entre sí y con los tubos por donde pasa. 3.<sup>a</sup> La compresión y resistencia del agua al entrar en el tubo de aspiración y al pasar por las válvulas. 4.<sup>a</sup> El peso de estas válvulas. 5.<sup>a</sup> El peso del émbolo y del tirante. 6.<sup>a</sup> El frotamiento de la palanca ó balancín y de todas las articulaciones. 7.<sup>a</sup> La inercia de toda la masa de agua que se pone en movimiento.

Todas estas resistencias aumentan de  $\frac{1}{5}$  á  $\frac{1}{3}$  la fuerza motriz que debe emplearse, comparativamente al efecto útil que produce la bomba.

El peso ó carga de la columna de agua sobre el émbolo se hallará, según la regla dada, por la fórmula. . . .

$C = 785'4 \times D^2 \times A$ . Es decir, multiplicando 785'4 por el cuadrado del diámetro del émbolo y por la altura á que se ha de elevar el agua.

Ejemplo: Determinar la carga ó presión ejercida sobre el émbolo de una bomba, cuyo diámetro es de 20 centímetros y sube el agua á 16 metros de altura.

La fórmula  $C = 785'4 \times D^2 \times A$  dará:  $C = 785'4 \times (0'20)^2 \times 16 = 502'656$  kg. La carga será, pues, de 502 kilogramos 656 gramos.

El agua que sale á cada golpe equivale á un cilindro que tenga por base la superficie del émbolo y por altura el curso ó espacio que corre este en cada oscilación. Pero como es imposible obtener una bomba que no deje escapar alguna cantidad de agua y en que no entre una pequeña porción de aire, se sigue, que por muchas que sean las precauciones adoptadas nunca arrojará el agua que teóricamente debiera sacar. En tal concepto, se ha procurado averiguar cuál es la cantidad efectiva que saca una bomba en diferentes condiciones, y de los experimentos practicados al efecto resulta, que en circunstancias ordinarias la bomba da 65 centésimos del agua que por teoría corresponde. De modo, que para determinar el volumen efectivo de agua que produce una bomba en cada golpe de émbolo, se usará la fórmula:  $V = 510'51 \times D^2 \times c$ , en la cual *V* representa el volumen de agua dado por cada golpe de émbolo, en litros; *D* el diámetro del émbolo en metros, y *c* el curso del mismo también en metros.

Ejemplo: Calcular la cantidad de agua que en cada golpe de émbolo produce una bomba cuyo diámetro es de 16 centímetros y el curso de 35.

La fórmula da:  $V = 510'51 \times (0'16)^2 \times 0'35 = 4'574$  lit.

Es decir, que por cada golpe de émbolo se sacarán 4 litros y 574 mililitros de agua.

Si conociendo el curso que ha de recorrer el émbolo y la cantidad de agua que en cada golpe debe sacarse, se quiere determinar el diámetro de la bomba, se hará uso de la misma fórmula despejando antes la D; que dará:

$$D = \sqrt{\frac{V}{510.51 \times c}}$$

Ejemplo: Se pide el diámetro de una bomba que teniendo el émbolo 40 centímetros de curso debe arrojar 8 litros de agua en cada golpe.

La fórmula dará:  $D = \sqrt{\frac{8}{510.51 \times 0.40}} = 0.198 \text{ milím.}$

De modo, que el diámetro deberá ser de 198 milímetros próximamente.

De las fórmulas puestas últimamente resultan las siguientes reglas prácticas:

1.ª Para hallar la cantidad de agua en litros, que arroja una bomba en cada golpe, se multiplica el número 510.51 por el cuadrado del diámetro y por el curso del émbolo expresados en metros.

2.ª Para calcular el diámetro de la bomba, se dividirá el volúmen efectivo de agua en litros que debe dar en cada golpe, por el número 510.51 multiplicado por el curso del émbolo expresado en metros, y del cociente se extraerá la raíz cuadrada.

El mayor efecto de las máquinas no corresponde siem-

pre á la mayor velocidad, y la observacion ha demostrado que para obtener el efecto máximo, la velocidad del émbolo debe estar comprendida entre 16 y 25 centímetros por segundo y el número de golpes dobles ú oscilaciones completas entre 25 y 34 por minuto.

El diámetro de los tubos de aspiracion y de ascension deberá equivaler á los dos tercios del diámetro del cuerpo de bomba, y la abertura de las válvulas será cuando menos la mitad de la superficie del émbolo.

Por lo dicho anteriormente se deja conocer, que en las bombas aspirante é impelente solo obra toda la fuerza durante media oscilacion, pues que durante la otra media no hay mas que vencer los frotamientos. Esta circunstancia hace que el trabajo sea muy desigual en estas bombas, y que para regularizarlo tengan que usarse contrapesos en el balancin ó palanca. En la bomba compuesta, el trabajo se regulariza por sí mismo cuando el cuerpo de bomba se halla á la mitad de la altura á que debe elevarse el agua; pues el esfuerzo necesario para hacer subir el émbolo es igual al que debe hacerse para obligarle á bajar.

NORIA. La noria (fig. 46) sirve como las bombas para elevar el agua, y consiste en una cadena sin fin compuesta de eslabones con articulacion, en cada uno de los cuales se fija un vaso *a* para subir el agua del pozo ó depósito inferior á una pila colocada inmediatamente debajo la rueda *b*. Á esta rueda se le da una forma exagonal y la dimension conveniente para recibir un eslabon de la cadena en cada uno de sus lados.

El movimiento se le podrá comunicar por medio de un manubrio *m* fijado en el eje de un piñon que engrane con la rueda *c* que obliga á girar la rueda *b*. En la noria se obtiene el efecto que corresponde á los 56 centésimos del esfuerzo aplicado.

**PRENSA HIDRÁULICA.** La prensa hidráulica ó hidrostática (fig. 47) es otra de las máquinas empleadas en la industria para obtener una presión considerable empleando un esfuerzo muy pequeño.

Esta máquina se funda en el principio de igualdad de presión indicado antes. En efecto, la prensa hidráulica se compone de dos cuerpos de bomba *n* y *e* que comunican por medio del tubo *d*. El émbolo *c* recibe el movimiento de una palanca *hp*, y aspirando el agua del depósito *a* la comprime é impele hácia el otro cuerpo de bomba *e*, y obliga al émbolo *b* á subir y á comprimir los efectos colocados en *f*.

La presión ejercida por el émbolo *c* es transmitida íntegramente á toda la masa líquida *e* y proporcionalmente á la superficie del émbolo *b*. Por esta razón, si el émbolo *c* es la centésima parte de la superficie del émbolo *b*, una libra de presión en *c* equivaldrá á cien libras de fuerza en *b*. De aquí resulta, que en la prensa hidráulica se dispone de dos ventajas considerables, la hidrostática, que ofrece la diferencia de émbolos, y la mecánica, que resulta del empleo de la palanca *hp*.

El plato *s* que comprime los efectos *f* forma cuerpo con el émbolo *b*, y sube y baja con él. La bomba *n* tiene un tubo de aspiración para absorber el agua del depósito *a*, y en su punto de unión lleva una válvula que se abre de abajo arriba. En el tubo *d* hay otra válvula *u* que se abre de dentro á fuera para impedir la salida del agua cuando el émbolo sube.

Para hacer funcionar la prensa hidráulica hay algunos que emplean el aceite en vez del agua, pero en todos los casos debe evitarse el escape del líquido por parte alguna.

En esta máquina son considerables los frotamientos y absorben gran parte de la potencia. No obstante, las pér-

didadas son mucho mayores en las otras prensas que solo llegan á producir la quinta parte del efecto dado por estas.

La prensa hidráulica sirve para probar la resistencia y bondad de las calderas, tubos, cañones, etc., para prensar géneros y efectos varios, y para extraer el vino y el aceite.

Para calcular la potencia de una prensa hidráulica se multiplicará la fuerza *p* aplicada en la palanca por las ventajas hidrostática y mecánica; y la fórmula será:  $P = p \times b \times h$ . En esta expresión, *p* representa el esfuerzo aplicado en la palanca; *b* la relación entre las superficies de los dos émbolos, esto es, el número de veces que el émbolo mayor contiene al menor, y *h* es la relación de los dos brazos de la palanca.

Ejemplo: Hallar la potencia ó presión producida por una prensa hidráulica en que la superficie del émbolo mayor equivale á 84 veces la del menor; los brazos de la palanca son como 1 á 16, y el esfuerzo empleado es de 25 kg.

Se tendrá:  $P = 25 \times 84 \times 16 = 33,600$  kilogramos.

Es decir, que la presión ejercida será de 33,600 kilogramos.

Es preciso observar, que si el esfuerzo producido es 1344 veces mayor que la potencia empleada, el espacio corrido por el émbolo *b* será 1344 veces menor que el que recorra el *c*.

**EMPLEO DEL AIRE.** El aire se emplea como fuerza motriz en los molinos llamados de viento, en donde se aprovecha su velocidad natural para mover una máquina que regularmente muele el trigo ó asierra madera. El aire choca en las cuatro aspas fijadas en un árbol que se halla inclinado según sea la dirección del viento; este árbol ad-

quiere un movimiento de rotacion que transmite la fuerza á la máquina por una combinacion de engranajes.

En la industria se usan especialmente dos aparatos que sirven para aspirar el aire y repelerlo con mucha velocidad á fin de alimentar la combustion en las fraguas y altos hornos. Estos aparatos son el ventilador y la máquina soplante.

**VENTILADOR.** El ventilador se emplea con ventaja, porque á manera de fuelle continuo aspira constantemente el aire y le repele con mucha fuerza hácia un conducto por donde es distribuido á los hornos ó fraguas que debe alimentar.

El ventilador (fig. 48) se compone de una caja cilíndrica *a* que está fija, en cuyo interior hay una rueda ó volante con cuatro ó seis paletas, y á la cual se da una considerable velocidad de rotacion. El aire es aspirado por dos aberturas circulares de 30 á 50 centímetros de diámetro practicadas en las paredes laterales de la caja, y repelido por la gran velocidad de las paletas hácia el conducto *b*, desde donde es distribuido segun convenga.

El volante ó rueda se compone de un eje *t* con cuatro ó seis brazos, en los cuales se fijan por medio de pernos otras tantas paletas que ajustan en las paredes laterales del interior de la caja, como lo haria un émbolo de rotacion. Pero la longitud de las paletas en el sentido del radio debe ser algo menor que el radio interior de la caja, con el fin de que cada paleta pueda producir su efecto repeliendo el aire.

Para que el ventilador produzca el máximo efecto posible es preciso que las paletas formen con el brazo ó radio respectivo un ángulo que esté comprendido entre 25° y 34°.

En este aparato hay que calcular dos cosas principal-

mente, la cantidad de aire que produce en una hora, y la fuerza centrífuga en virtud de la cual tienden las paletas á separarse del radio.

Para determinar la cantidad de aire que un ventilador da en una hora se multiplicará la capacidad interior de la caja por la velocidad correspondiente á la extremidad de las paletas; y la fórmula será:

$$C=376\cdot992\times r\times n\times c.$$

en la cual *C* representa la cantidad de aire en metros cúbicos que da el ventilador en una hora; *r* el radio que corresponde al extremo de las paletas, expresado en metros; *n* el número de vueltas que da el volante en un minuto, y *c* la capacidad interior de la caja en metros cúbicos.

Ejemplo: Cuál es la cantidad de aire dada por un ventilador cuyo volante da 1200 vueltas por minuto, y su radio tiene 40 centímetros, siendo la capacidad interior de la caja de 0'16 metros cúbicos. Se tendrá:

$$C=376\cdot992\times 0\cdot40\times 1200\times 0\cdot16=28953\text{ m. cúb.}$$

Es decir, que arrojará 28953 metros cúbicos de aire por hora.

Para calcular el esfuerzo con que las paletas tienden á separarse del radio usaremos la fórmula correspondiente á la fuerza centrífuga (pág. 71).

Ejemplo: Calcular la fuerza centrífuga correspondiente á la extremidad de una paleta suponiendo que su peso es de 2'5 kg.; el radio 0'40 m., y el número de vueltas por minuto 1200.

La velocidad por segundo á la extremidad de la paleta será:  $V=3\cdot1416\times 2\times r\times n\div 60$ , que da:

$$V=3\cdot1416\times 2\times 0\cdot40\times 1200\div 60=50\cdot265\text{ m.}$$

$$Y \text{ de la fórmula } F = \frac{P \times V^2}{9 \cdot 8 \times R} \text{ resulta : } F = \frac{2 \cdot 5 \times (50 \cdot 265)^2}{9 \cdot 8 \times 0 \cdot 40} \\ = 1611 \cdot 333 \text{ kg.}$$

Esto es, cada paleta debe estar sujeta al brazo respectivo para resistir el esfuerzo de 1611 kg. 333 gramos.

**MÁQUINA SOPLANTE.** En los altos hornos y en las fraguas se emplea con ventaja la máquina llamada soplante en lugar del ventilador, porque su potencia es mas considerable.

Esta máquina (fig. 49) se compone de un cilindro A con un émbolo *m* que ajusta perfectamente en su interior: dos válvulas *c e* que se abren de fuera adentro sirven para aspirar el aire cuando en el cilindro se hace el vacío: otras dos válvulas *d h* que se abren de dentro á fuera facilitan el paso al aire repelido hácia el tubo *b* para conducirlo al regulador *r* desde donde se distribuye por *s* á los puntos en que se hace necesario.

Cuando el émbolo sube se cierra la válvula *c* y el aire encerrado en A abre la válvula *d* y entra en el tubo *b* para pasar al depósito *r*: al propio tiempo se cierra la válvula *h* y el aire exterior entra por la válvula *e* á llenar el vacío que queda debajo del émbolo. Al bajar el émbolo se cierra la válvula *d* y por la *c* entra el aire exterior á ocupar el espacio A: al mismo tiempo se cierra la válvula *e* y el aire comprimido se abre paso en *h* para pasar al tubo *b*. Por este mecanismo, al subir el émbolo, el aire es repelido por *d* mientras entra aire nuevo por *e*; y al bajar el émbolo es repelido por *h* al mismo tiempo que entra en la parte superior por la válvula *c*. Es decir, que esta máquina es á doble efecto, porque tanto al subir como al bajar el

émbolo el aire exterior es aspirado y el interior repelido hácia el tubo *b*.

El agua contenida en el depósito *r* tiene comunicacion con la del exterior del mismo á fin de que con su peso regularice la tension del aire, haciendo que esta tension sea uniforme y quede señalada por la diferencia de nivel entre el interior y exterior.

El movimiento se comunica á esta máquina por medio de una rueda hidráulica ó de una máquina de vapor: en ambos casos el tirante del émbolo *m* se halla fijado en un extremo del balancin, y en el extremo opuesto hay otro tirante que recibe el movimiento alternativo ó de vaiven, directa ó indirectamente, del árbol de la rueda hidráulica ó del émbolo de un cilindro de vapor.

Cuando se trata de establecer una máquina soplante es preciso examinar la naturaleza del combustible que se haya de emplear y la calidad del mineral que deba confeccionarse. Porque, segun el combustible sea mas ó menos denso, deberá tener el aire mayor ó menor tension; y si el mineral es muy fusible gastará menos carbon, así como, si lo es poco, necesitará mas combustible. Estas circunstancias determinarán siempre la cantidad de aire que se necesita por hora y la tension á que debe conservarse, y de tales condiciones se deducirán las dimensiones de la máquina.

Si se da al cilindro A una altura igual á su diámetro, como generalmente sucede, y al émbolo *m* la velocidad media de un metro por segundo, se tendrá que la fórmula  $E = 2 \cdot 51328 \times r^2$  expresará la cantidad ó volúmen de aire arrojado en cada segundo; y el rádio que deba darse al cilindro para producir en un segundo la cantidad E de

aire estará expresado por  $r = \sqrt{\frac{E}{2 \cdot 51328}}$  teniendo pre-

sente que el aire arrojado es los ocho décimos del absorbido.

Las aberturas de las válvulas de aspiracion *c e* deben estar comprendidas entre 7 y 8 centésimos de la seccion del cilindro, si las máquinas son pequeñas y la velocidad del émbolo por segundo es menor de un metro; pero en las máquinas grandes la abertura de dichas válvulas estará comprendida entre 10 y 11 centésimos de la misma seccion. Las válvulas *d h* deben ser los cuarenta y cinco milésimos de la seccion del cilindro, y los conductos los cinco centésimos.

En esta máquina la relacion del efecto útil al efecto motor es de 0'55.

Se ha observado que el empleo del aire caliente produce grande economía, y por esto se acostumbra en muchos casos á calentarlo por medio de hornos adicionales y valiéndose de los conductos de la llama.

El volúmen de aire lanzado en cada golpe de émbolo equivaldrá á un cilindro que tenga por base el mismo émbolo y por altura el curso ó espacio que recorre en cada oscilacion; y suponiendo, como se ha indicado, que el curso es igual al diámetro del cilindro, se tendrá la fórmula:  $V=3'1416 \times r^2 \times 2r \times 0'8$  en la cual se pone 0'8 por ser el aire lanzado los ocho décimos del absorbido, en razon de que siempre escapa cierta cantidad. Practicando las operaciones y simplificando la fórmula se tiene:

$$V=5'02656 \times r^3.$$

Ejemplos: Hallar el volúmen de aire producido por una máquina soplante cuyo rádio es de 50 centímetros.

En un segundodará:  $V=2'51328 \times (0'50)^3=0'62832 \text{ m. c}$

En cada golpe de émbolo será:

$$V=5'02656 \times (0'50)^3=0'62832 \text{ metros cúbicos.}$$

Es decir, que en un segundo dará la misma cantidad de aire que en un golpe de émbolo; y debia resultar así, porque las fórmulas se han deducido suponiendo la velocidad del émbolo de un metro por segundo, y en este problema el rádio es de 50 centímetros, de que resulta el curso igual á un metro. De modo, que así corresponderia á razon de 30 golpes ú oscilaciones dobles por minuto.

Suponiendo que se necesitan 3000 metros cúbicos de aire por hora, se quiere saber, cuáles serán las dimensiones del cilindro y de las demás piezas de la máquina.

Si en una hora se necesitan 3000 metros cúbicos, en un segundo corresponderán  $3000 \div 3600 = 0'83333$  y el rádio del cilindro será:

$$r = \sqrt{\frac{V}{2'51328}} = \sqrt{\frac{0'83333}{2'51328}} = 0'575 \text{ metros.}$$

El curso del émbolo dará:  $2r=2 \times 0'575=1'15 \text{ m.}$

La superficie del émbolo valdrá:  $3'1416 \times (0'575)^2 = 1'0387 \text{ metros cuadrados.}$

Segun las relaciones dadas se determinarán los diámetros de las válvulas y de los tubos de conduccion, así como el número de golpes de émbolo por minuto y la velocidad, que no podrá exceder de un metro por segundo.

El aire se emplea como fuerza motriz, no solo en los molinos de viento, si que tambien sirve de agente en los caminos de hierro llamados atmosféricos, y mediante un

sistema regenerador es aplicado, por el capitán Erickson, como fuerza calentándolo para que obre por expansión, y enfriándolo, cuando ha servido, para emplearlo nuevamente.

Aquí terminamos las nociones de Mecánica que hemos considerado como indispensables para la inteligencia de las materias de que nos vamos á ocupar, y de cuyo conocimiento no debieran carecer las personas que se dedican á cualquier ramo de la industria.

## TRABAJO MECÁNICO DE LAS FUERZAS.

Trabajar es vencer durante cierto tiempo las resistencias que de continuo se renuevan: así, arrastrar un peso, levantar un cuerpo, aserrar, limar, etc., es trabajar.

El trabajo mecánico es la acción de una fuerza sobre una resistencia que se le opone directamente, y que destruye de continuo haciendo recorrer un cierto espacio á su punto de aplicación.

De esta definición resulta, que el trabajo mecánico es un efecto complejo, pues participa del esfuerzo empleado y del espacio corrido por el punto sometido á su acción; y por esto se dice que es el producto de dos cantidades indispensables: la presión ó esfuerzo y la velocidad ó espacio recorrido. Es decir, que el trabajo aumentará ó disminuirá con la presión y con la velocidad.

Puede suceder que la presión ó esfuerzo empleado en vez de determinar el movimiento sea contrarrestado por otras resistencias más poderosas, por cuya acción quede el cuerpo en equilibrio: en este caso, el efecto producido se apreciará solamente por su peso y se valorará en kilogramos.

De esta distinción entre las fuerzas que determinan el movimiento y de las que no le determinan procede la división en *fuerzas vivas* y *fuerzas muertas*.

Todas las fuerzas motrices están comprendidas en la sección de fuerzas vivas, y se medirán por el esfuerzo valorado en kilogramos y la velocidad expresada en metros.

Para apreciar el efecto útil ó el trabajo de las máquinas se toma por unidad de medida el esfuerzo capaz de