

APARATOS HIDRÁULICOS

de la
EXPOSICION UNIVERSAL DE 1867.

(Conclusion.)

BOMBA RUSA.

La figura 7.^a representa una bomba expuesta en la seccion correspondiente á Rusia. Es de muy sencilla instalacion y de muy poco precio relativamente á los demás sistemas; su mecanismo, poco complicado, funciona con regularidad y es de fácil reparacion. El principio que se ha aplicado para hacer subir el agua es la relacion que existe entre los volúmenes de aire y las presiones, escalonando cierto número de bombas aspirantes é imponentes de pequeña altura.

Consta el aparato de un tubo M N, dividido en varios compartimientos A, B, C. J, puestos en comunicacion entre sí por medio de los tubos 1, 2, 3. 10; el A está además en comunicacion con el exterior, y el K sumergido en el depósito de que se quiere extraer el agua. La comunicacion entre los compartimientos puede establecerse ó interrumpirse segun estén abiertas ó cerradas las válvulas que llevan en su parte superior los tubos 1, 2, 3. . . . 10, y que se abren de abajo á arriba; t' es un tubo cerrado por la extremidad t' , y en comunicacion con la atmósfera por la extremidad t ; c, e, g, i , ponen en comunicacion los compartimientos C, E, G, I, con el tubo t' , esto es, con la atmósfera; T T' representa un tubo cerrado por sus dos extremidades, y en comunicacion por un punto x , con un cilindro en que se mueve un émbolo; b, d, f, h, j , ponen en comunicacion los compartimientos B, D, F, H, J con el tubo T T', y por consiguiente con el cilindro; a es el tubo que vierte el agua desde el último compartimiento; A el depósito superior.

Para comprender cómo la máquina funciona, conviene suponerla con el régimen establecido en su movimiento. En tal caso, cuando el émbolo se encuentra en lo más bajo de su carrera, conforme representa la figura, el ni-

vel del agua se halla en todos los compartimientos en la posicion marcada por la línea llena; en los impares, como el 7, por ejemplo, en $q q'$, cubriendo tan solo la boca del tubo estrecho, y en los pares, como el 6, en $r r'$, enrasando con la entrada del tubo que comunica con la atmósfera. El exceso de presion que se ha dado al aire por la compresion del émbolo, equilibra en cada par de divisiones el peso de la columna de agua de altura $r q$. Llevando el émbolo á la parte opuesta de su carrera, de modo que la presion del aire se haga menor que la ordinaria, se verifica por todos los tubos como el h una aspiracion que eleva el nivel $q q'$ á la posicion $s s'$, para lo cual en el compartimiento inferior baja igual cantidad, desde $u u'$ á $z z'$, ocupando entonces el agua los niveles señalados con líneas de puntos. Cuando el émbolo baja, vuelven los niveles á tener las posiciones señaladas con línea llena, de modo que al aspirar pasa el agua de las divisiones pares á las impares superiores, y al comprimir pasa de las impares á las pares que les siguen encima. Los tubos de comunicacion del centro se hallan constantemente llenos de agua, y á cada excursion del émbolo se transporta un volúmen de agua de la altura $s q$ en toda la longitud de la máquina.

Sea x esa altura $s q$, ω la seccion transversal de cada compartimiento, descontada la del tubo central, y π el peso de la unidad de volúmen del agua: el peso transportado de una á otra division será $\pi \omega x$, y llamando a á la altura de cada una de estas, el trabajo necesario para transportar el agua á la superior será $\pi \omega x a$. Siendo m el número de divisiones en la media oscilacion aspirante, el trabajo total en toda la columna será $\frac{1}{2} m \pi \omega x a$, y como otro trabajo igual se efectuará en la media oscilacion impelente, el efecto producido en una oscilacion entera será

$$m \pi \omega x a = \pi \omega x h,$$

siendo h la altura total de la columna. Llamando T al efecto útil de la bomba de aire, R al trabajo consumido por las paredes de los tubos, y r al que corresponde al peso de una válvula y al cambio de seccion del tubo que

cierra, referido todo al período de una oscilacion, la ecuacion del efecto de la máquina será

$$T = \pi \omega x h + R + m r.$$

Esta ecuacion indica que, á igualdad de altura y de volumen, conviene disminuir el número m de compartimientos, aumentando x y disminuyendo á proporcion ω hasta donde lo permita la otra resistencia R .

La altura x depende de las diferencias de presion del aire respecto de la ordinaria de la atmósfera. Sea b la altura de agua que corresponde á esta presion, α la cantidad proporcional en que aumenta cuando el aire se comprime, y α' la disminucion que corresponde á la aspiracion: cuando el émbolo se halla en lo más bajo de su carrera, la superficie $q q'$ del líquido en los compartimientos impares, se halla sometida por una parte á la presion representada por una altura $b(1 + \alpha)$, y por el interior del tubo estrecho recibe la presion de la columna de altura $r q$, más la atmosférica b que se comunica por el tubito g . Llamando c, c' las alturas $q o, z k$ de los niveles más bajos del líquido sobre el fondo de los compartimientos respectivos, impares ó pares, se tendrá

$$r q = a + x + c' - c,$$

y la ecuacion de equilibrio será

$$b(1 + \alpha) = a + x + c' - c + b.$$

En la otra media oscilacion, la superficie $z z'$ recibe por el tubo i la presion atmosférica, y por el tubo central el peso de una columna $s z$ de agua, más la presion $b(1 - \alpha')$ que existe en la cara $s s'$, comunicada por h . Ahora se tiene

$$s z = a + x + c - c',$$

y por consiguiente

$$b = a + x + c - c' + b(1 - \alpha').$$

Sumando las dos ecuaciones resulta

$$a + x = b \frac{\alpha + \alpha'}{2}.$$

Los espacios $u o, z k$ que quedan por encima y por debajo de la columna x no dependen sino de las disposiciones materiales del aparato, y su suma se puede representar por una constante k , siendo $a = x + k$; y substituyendo en la ecuacion anterior

$$x = \frac{1}{2} b (\alpha + \alpha') - \frac{1}{2} k;$$

ó si se quiere tomar como incógnita la altura del compartimiento

$$a = \frac{1}{2} b (\alpha + \alpha') + \frac{1}{2} k.$$

Esta fórmula demuestra que cuanto más pequeña sea la diferencia de las presiones respecto de la ordinaria, mayor ha de ser el nú-

mero de las divisiones para una misma altura. Tambien se vé que las alturas $c c'$ no pueden ser iguales sin que lo sean las diferencias $b \alpha, b \alpha'$, lo cual exigiria que el émbolo estuviese exactamente graduado á la presion atmosférica en el punto medio de su carrera, lo cual complicaria sin utilidad el montaje de la máquina.

Las diferencias de presion necesarias se obtienen proporcionando convenientemente el volumen engendrado por el émbolo en su movimiento. Llamando v este volumen, y V el de los espacios que quedan constantemente vacíos en el tubo $T T'$, en los $b, d, f, \dots j$, y por encima del nivel del líquido, como $s s'$, marcado de puntos en todos los compartimientos impares, se observará que cuando la presion del aire está representada por la columna de agua $b(1 + \alpha)$; al fin de la carrera descendiente del émbolo, el volumen que ocupa es $V + \frac{1}{2} m \omega x$; y que en la oscilacion opuesta, la presion es $b(1 - \alpha')$ y el volumen es $V + v$: por consiguiente se tendrá

$$\frac{1 + \alpha}{1 - \alpha'} = \frac{V + v}{V + \frac{1}{2} m \omega x}.$$

De aquí se deduce

$$v = \frac{1 + \alpha}{1 - \alpha'} \frac{1}{2} m \omega x + \frac{\alpha + \alpha'}{1 - \alpha'} V,$$

de modo que el volumen del cilindro ha de ser siempre mayor que la mitad del volumen útil de la columna, ó sea el volumen de agua que se mueve en media oscilacion, y ha de ser tanto mayor cuanto más grandes sean la diferencia de presiones y el espacio nocivo V .

Para cargar la bomba y establecer el régimen, es preciso empezar por cerrar el orificio t y hacer actuar el cilindro, que funcionará aspirando el agua del depósito hasta la altura del tubito j ; entonces se cerrará la válvula superior del compartimiento 1, y el cilindro funcionará como bomba impelente, si se deja entrar el aire por t á cada excursion aspirante, y pasará el agua del compartimiento 9 al 8. Repitiendo la primera operacion se volverá á llenar el 9 y pasará el agua del 8 al 7; y así se irán cargando alternativamente los compartimientos hasta el último, en cuyo caso, hallándose cortada toda comunicacion directa de los conductos $T T'$ y $t t'$, marchará la máquina como queda explicado.

BOMBA DE CADENA DE MR. BASTIER.

Este aparato de elevar el agua es muy parecido al que se conoce en España con el nombre de chupon, difiriendo solamente en la dis-

posicion de la rueda sobre la que se arrolla la cadena. En la garganta de la dicha rueda van practicadas unas cavidades, dispuestas convenientemente para alojar los eslabones de la cadena, que están colocados alternativamente de tabla y de canto: así en la figura 8.^a, que representa la garganta de esa polea, la cavidad *a* recibe un eslabon de plano, la *b* uno de través, y en *A* se aloja el taco cuando llega al punto más alto.

La bomba que está expuesta eleva una cantidad de agua de 6,000 litros por minuto, y á falta de experiencias para determinar su efecto útil, hay que contentarse con el dicho de Mr. Bastier, que pretende obtener 80 por 100; pero esta cifra es sin duda alguna exagerada.

RUEDA FLOTANTE.

Este aparato, presentado en la Seccion suiza, no funciona con la regularidad que una bomba, ni puede elevar el agua á gran altura, pero puede tener aplicaciones muy convenientes en ciertos casos. Necesita como motor una corriente de agua, de cuya corriente se alimenta tambien. En las experiencias hechas hasta ahora, la altura de elevacion no ha sido posible hacerla pasar de 4,^m50 como limite, siendo generalmente 3,^m50.

La rueda consta de dos partes: una que sirve para imprimirle movimiento, y otra que sirve para elevar el agua.

La rueda motriz consiste en un cilindro de palastro *a b c d*, (fig. 9.^a) de 2,^m21 de largo, y 1,^m54 de diámetro, sumergido en parte en la corriente, y cuyo eje, que es horizontal, lleva articuladas en sus extremidades dos varillas de hierro *m, n*, que sirven para arriostrar la máquina á dos puntos fijos en la corriente ó en la orilla.

En la superficie del cilindro van colocadas normalmente unas paletas planas *A A*, de la misma longitud que el cilindro, dejando un cierto huelgo entre su arista interior y dicho cilindro, y de 0,^m37 de ancho; su superficie es por lo tanto de 81 decímetros cuadrados.

El menor peso específico de la rueda, respecto al agua, hace que flotando esta, esté en cierta manera sostenida, y de aquí que el peso sobre los muñones se encuentre notablemente disminuido y por consiguiente tambien el rozamiento.

Una ventaja de estas ruedas es la facilidad con que siguen las variaciones de nivel de la corriente, al paso que las ruedas fijas tienen el gran inconveniente de sumergirse demasia-

do si la corriente toma un nivel superior al de establecimiento, y vice-versa, cuando el nivel decrece la rueda marcha en muy malas condiciones, pudiendo llegar hasta pararse.

Una abertura en una de las bases del cilindro, cerrada herméticamente por una chapa fuertemente atornillada, puede dar paso al interior del cilindro á una cierta cantidad de agua, que sirve de lastre cuando es necesario hacer sumergir más la rueda.

La parte del aparato que sirve para dar paso al agua y elevarla consiste en un segundo cilindro, tambien de palastro, *a' b' c' d'*, concéntrico al anterior, y cuyo espacio intermedio está dividido por un tabique helicoidal, cuyo efecto es el mismo que si un tubo de seccion rectangular se hubiese arrollado sobre el cilindro en forma de hélice, como en la bomba espiral. Una extremidad está abierta á la corriente, pero la otra está cerrada y comunica lateralmente con un tubo *e f g* fijo en *e*, y enchufado en el *T*, sirviendo de eje el mismo tubo. Cuando la rueda se pone en movimiento, el agua entra por la extremidad abierta á la corriente, y despues de cada media revolucion penetra por el tubo *e f g* una cierta cantidad que va por el *T* á la parte superior. Este tubo se encorva en *p* y se enchufa en el *V* para poder seguir las variaciones de altura de la rueda, segun el nivel de la corriente. Se han hecho varios experimentos con esta rueda y se han deducido de ellos estos dos hechos principales: 1.^o que la circunstancia que más influencia tenia sobre el gasto, era la velocidad, habiendo una á la que correspondia un gasto máximo, el cual era independiente de la parte de rueda sumergida; 2.^o que en iguales condiciones, el gasto máximo correspondia á una altura de tres veces y media ó cuatro el diámetro, pasada la cual disminuia hasta anularse; por eso, con la rueda de que nos ocupamos, el agua no se subia á más de 4,^m50.

Como se ve, el aparato dista mucho de poseer la perfeccion de una bomba; el gasto es discontinuo, pues solo se produce al final de una semi-revolucion, pero para el caso en que se quiere elevar grandes cantidades á pequeñas alturas y con poco dispendio, es muy á propósito.

En todo caso parece preferible á las ruedas fijas que se emplean con el mismo objeto,

1.^o Por la economía de instalacion, pues no es necesaria para ello construccion de ninguna clase.

2.º Por la facilidad con que sigue las variaciones de la corriente; advirtiéndose que para el caso en que esta descendiese demasiado, y evitar entonces que la paleta inferior tocara al fondo del río, se pone bajo la rueda una plataforma P con dos ligeros montantes de hierro, y de esta manera la rueda no toca el suelo si sobreviene un estiaje extraordinario.

3.º La facilidad con que esta rueda se puede transportar por la corriente la hace también preferible á las fijas, que no pueden trabajar más que en el punto en que se han instalado.

4.º Su precio es reducido relativamente á las ventajas que con ella se obtienen.

Diremos finalmente que en los casos en que se ha usado este aparato ha dado resultados excelentes, si bien lo reciente de la invención y las condiciones especiales que necesita han sido causa de que hasta ahora no hayan sido muy numerosas sus aplicaciones.

ARIETE HIDRÁULICO.

Una de las máquinas más notables es sin duda un ariete hidráulico, construido con sumo esmero y que funciona con tanta regularidad que no se notan en él los choques y fuertes sacudidas propios de estos aparatos. Las figuras 10 y 11 son un corte longitudinal y una proyección horizontal, y la figura 12 una vista tomada en la dirección del tubo de caída. El agua llega por el tubo T con cierta velocidad; *a b c d* es una válvula, guiada por el vástago *e*, y que tiene practicadas seis aberturas A, A, A, por donde se introduce el agua que le obliga á levantarse: *a' b'* es una corona de gutta-percha para amortiguar la acción del choque.

Con el mismo objeto está además equilibrada la válvula por el contrapeso P, que desciende al elevarse aquella, pero lentamente y sin producir choque, en virtud del resorte *r*. Como se ve, el movimiento de la válvula es sumamente regular, y ya esto de por sí constituye una gran ventaja sobre los antiguos arietes en que esa pieza ocasionaba por sus fuertes choques frecuentes deterioros en el aparato; V es una válvula de charnela que se abre de fuera á dentro en virtud de la reacción del agua, en el momento de cerrarse la válvula *a b c d*. El depósito D, de aire, que sirve para hacer que la salida sea continua, está regularizado en primer lugar por la válvula R de resorte que da salida al fluido si la presión fuese excesiva, y por otra parte, otro pequeño depósito D' sir-

ve para alimentar constantemente el primero, reponiendo el aire que el agua arrastra consigo. Esta alimentación se verifica de una manera muy sencilla y análoga á lo que se hace en las máquinas de esta especie.

Antes de abrirse la válvula *a b c d*, el agua, en virtud de su presión sobre las paredes del tubo T, toma un cierto nivel en el tubo D', pero en el instante en que se abre dicha válvula, hay una disminución de presión, baja el nivel, y la válvula *v* se abre, entrando una cierta cantidad de aire que se gradúa por medio del tornillo *t* que puede hacer mayor ó menor el orificio de entrada. Al cerrarse la válvula *a b c d*, se obtiene un aumento de presión, y el nivel vuelve á subir en el tubo D', el aire de la parte superior se comprime y sale por la válvula *v'* al tubo *y*, que comunica con el depósito D. De esta manera la cantidad y la presión del aire contenido en el depósito D se puede hacer constante ó variar como convenga.

Como se vé, el principio y el modo de funcionar de este aparato son los mismos que en todos los arietes, pero la válvula y el depósito de aire están dispuestos de manera más conveniente, y que hace posible la aplicación más ventajosa que hasta ahora de una máquina que utiliza gran proporción de la fuerza motriz.

Hemos ya descrito cada uno de los tipos diferentes de aparatos que para elevar el agua se han presentado en la Exposición universal. Algunos de ellos, como las bombas de fuerza centrífuga, se encuentran repetidos con ligeras modificaciones en la forma de los álabes de la turbina y otros detalles; pero hemos presentado los que bajo todos puntos de vista nos han parecido más interesantes para el estudio.

Nada hemos dicho de las bombas ordinarias, porque, además de figurar en menor número, no ofrecían novedad. Debemos sin embargo mencionar una bomba expuesta en la Sección americana que recibe el movimiento de una máquina de vapor horizontal, y en la que se ha suprimido un gran número de piezas, pues el émbolo de la bomba está montado en la misma varilla que el de la máquina de vapor. Aparte de esta ligera modificación, nada de notable, nada de nuevo hemos encontrado en las bombas comunes, ó al menos si lo hay ha escapado á nuestro estudio, que hemos procurado hacer tan atento como se merece la grande obra de la Exposición universal de París de 1867.

MARIANO CÁRCER.