

piracion que, como ya demostramos, tiene un límite, por más que no pueda dárseles una gran longitud á las varillas de trasmision sin experimentar inconvenientes; se monta con facilidad, y puede elevar las aguas turbias.

La carencia de datos prácticos sobre la máquina elevatoria del Sr. Durozoi, nos impide dar más noticias sobre ella.

Conócense con el nombre de bombas sin límite un gran número de aparatos destinados á elevar el agua de una profundidad superior á 8 ó 9 metros, ó sea del límite de aspiracion. Entre ellos figura la bomba del Sr. Prudhomme, en la cual las varillas de trasmision son reemplazadas por columnas de agua que circulan en los tubos. Este aparato tiene bastantes inconvenientes, contra lo que en su apoyo afirma el inventor, para que lo recomendemos, no obstante constarnos que se emplea en algunos pozos de gran profundidad.

El Sr. Laburthe ha inventado un aparato sumamente sencillo, una bomba de aire, que vamos á indicar, pues se comprende perfectamente su mecanismo sin necesidad de grabado alguno. La bomba, situada á una distancia cualquiera del agua á elevar, está formada de un piston de aire que se mueve dentro de un cilindro, el cual está puesto en comunicacion por un tubo de hierro con una caja ó recipiente sumergido dentro del pozo y provisto de una válvula que se abre de fuera á dentro; un segundo tubo parte del fondo de aquel recipiente, ya v. á desembocar en el punto en que se quiera recoger el agua. Dando al piston, por cualquiera de los medios conocidos, un movimiento alternativo, el aire comprimido en el tubo abductor rechaza el agua al tubo elevador hasta que el recipiente se llene de aire á la presion de la columna ascendente, en cuyo momento es preciso hacer entrar el agua en el expresado recipiente, para lo cual se abre una llave situada en la parte superior del tubo abductor, y así que la presion atmosférica se ha restablecido, empieza otra vez la operacion.

La bomba del Sr. Laburthe, á pesar de la sencillez de su mecanismo, que hace sea cómoda y de poco coste, tiene un rendimiento muy pequeño, lo cual, unido á otros inconvenientes que saltan á la simple vista, es causa de que se emplee poco.

Otro tanto sucede con muchos aparatos de la misma clase.

Tambien se ha ideado un tubo de caoutchouc, grueso y resistente, el cual, aplastado por un punto, si está lleno de agua y tiene una válvula en la parte inferior, empuja el agua hácia arriba: basta, pues, aplastarle sucesivamente por un punto cualquiera, ya á mano, ya con una palanca.

Tiene cierta analogía con esta bomba la que se conoce en Inglaterra con el nombre de *pulsómetro*; es un aparato sencillo que cuelga de una guía por medio de una cadena y se la hace descender á poca distancia sobre el nivel del agua: la acompañan dos tubos, uno por donde baja el vapor y otro por donde sube el agua, además del tubo inferior de aspiracion. Puede elevar el agua hasta una altura total de 20 metros, y se ha aplicado con algun éxito á las canteras inundadas, en vista de la facilidad de ir descendiendo el aparato, de suerte que queda siempre á un par de metros del nivel, conforme se va sacando el agua de la inundacion.

**BOMBAS CENTRÍFUGAS.** Estas son más modernas aún que las de émbolo de movimiento alternativo, pues dadas á conocer hace unos veinticinco años se han generalizado extraordinariamente en estos últimos diez. La primera de que se tuvo noticia pública fué de la llamada por Appold *bomba centrífuga* y tiene más analogía con los ventiladores empleados en las minas y en las grandes fraguas que con las bombas propiamente tales.

El órgano principal de esta máquina consiste en una rueda de paletas curvas, algo parecida á la de timpano, pero en mayor número, la cual gira con un movimiento muy rápido al rededor de su eje. El agua penetra por un agujero que rodea dicho eje y es empujada por la fuerza centrífuga y dirigida por las paletas hácia la circunferencia de la rueda, de donde sale impelida al tubo que la eleva.

Esta bomba obra como aspirante é impelente y las alturas de la aspiración y de la impulsión dependen de las alturas de la rueda, sin que la primera pueda pasar en ningun caso de 10 metros. El mejor medio de emplear esta bomba es sumergida en un depósito. Puede dar un trabajo mecánico de 0,65 del motor. Estas bombas son sobre todo excelentes para elevar grandes masas de agua á pequeñas alturas. Conviene que los conductos del agua vayan aumentando desde la salida de las paletas hasta el tubo elevador, puesto que tambien crecen las velocidades, por ser tanto mayor la fuerza centrífuga cuanto más se acerca el líquido á la circunferencia. De aquí el hacer en algunos casos las paletas más gruesas hácia el centro que hácia los bordes.

Hay muchas otras clases de bombas de movimiento continuo, cuyo émbolo gira en un cuerpo de bomba en que el vacío se hace de un lado, mientras que el líquido es rechazado del otro, ó bien obteniendo la aspiracion por otro medio. Algunas bombas giratorias, como las de Stolz, se emplean en las granjas para los usos domésticos. Para los riegos y los desecamientos la bomba de Appold puede funcionar con ventaja. Hé aquí la autorizada opinion de Tresca, sobre ellas. «Se compone de un eje horizontal animado de una gran velocidad de rotacion, provista de un cierto número de alas curvas que giran en un cilindro cerrado ó tambor. Este cilindro comunica con el depósito inferior por medio de un doble tubo de aspiracion que parte á derecha é izquierda de su centro y que está provisto de un tubo vertical formando la columna de ascension para la conduccion del agua á un depósito superior. Por el movimiento rápido de las alas, el agua es aspirada y lanzada con fuerza en la columna de ascension, que le presenta una ancha embocadura. Presenta la ventaja de ser poco elevado su precio relativamente al volumen de agua que gasta; su único inconveniente es exigir un movimiento rápido de rotacion, que no es posible obtener sino por trasmisiones complicadas. Esta rapidez debe aumentar con la altura á que ha de elevarse el agua. No conviene este aparato más que para elevaciones pequeñas; pero como no tiene émbolo ni válvulas, no está expuesto á desarreglo ninguno.»

**BOMBAS GWYNNE.** A la Casa Gwynne, de Lóndres, se debe el haber introducido en la práctica industrial, y particularmente para los agotamientos, las bombas centrífugas, que están fundadas en el mismo principio que los ventiladores rotatorios; en lugar del aire, el agua es la que está puesta en movimiento.

La bomba centrífuga de Gwynne está formada de una especie de caracol de dos partes, reunidas con tornillos, en las que se mueve un disco de paletas, generalmente en número de 6. Este disco aspira el agua por el movimiento de rotacion que se le imprime y la impule al caracol, de donde sale por un tubo superior en el que está fijo el conducto de impulsión. El disco está montado en un árbol que descansa en un coginete colocado en una de las partes del caracol y atraviesa la parte opuesta por una caja de estopas de bronce. La extremidad del árbol lleva un saliente provisto de una polea que trasmite el movimiento á la bomba. Todo descansa en una armazon sólidamente establecido. Todas las partes que componen la bomba son de fundicion, á excepcion del árbol, que es de acero, y de las partes frotantes, que son de bronce. Estando llenos de agua el caracol y los tubos, si se imprime



me un movimiento de rotacion al disco, la fuerza centrífuga arroja al caracol el agua contenida en éste. El vacío parcial, así formado en el disco, se llena con el agua que asciende por el tubo de aspiracion bajo la accion de la presion atmosférica. Esta agua, al penetrar en el disco, recibe el mismo movimiento giratorio y se establece una corriente continua de agua aspirada é impelida por la bomba. Para dirigir el agua introducida en el caracol hacia el tubo de impulsión, una placa de acero, colocada en el origen de este tubo, formó un tabique en la union del disco con el caracol; el agua, detenida en su movimiento giratorio se escapa tangente.

Hé aquí los precios de tres bombas con el material necesario para la elevacion á 5 metros.

1.º Bomba Gwynne suministrando 12 litros por segundo.

Para cada metro de elevacion la fuerza necesaria será de 0,30 de caballo de vapor. La velocidad de rotacion para una elevacion de 5 metros, será de 800 revoluciones por minuto. Se necesitan: una bomba, una válvula de pié, un tubo cónico, tres tubos de 2 metros, dos de 1 metro, dos de 50 centímetros, dos codos al cuarto, dos al octavo y 14 juntas y pernos, costando todo 1.100 pesetas en Francia.

2.º Bomba Gwynne suministrando 50 litros por segundo.

La fuerza necesaria para cada metro de elevacion es de 1,20 de caballo de vapor. La velocidad de rotacion para una elevacion de 5 metros es de 600 vueltas por minuto. Se necesitan: una bomba, una válvula de pié, un tubo cónico, tres tubos de 2 metros, dos de 1 metro, dos de 50 centímetros, dos codos al cuarto, dos al octavo, y catorce juntas y pernos. El precio del aparato es de 2.370 pesetas.

3.º Bomba que suministra 100 litros por segundo.

La fuerza necesaria para cada metro de elevacion es de 2 caballos de vapor. La velocidad de rotacion para una altura de 5 metros, es de 450 vueltas por minuto. Comprende entre todo: una bomba, una válvula de pié, un tubo cónico, tres tubos de 2 metros, dos tubos de 1 metro, dos de 50 centímetros, dos codos al cuarto, dos al octavo, y catorce juntas y pernos. El precio total es de 3.135 pesetas.

A estos precios hay que añadir el coste de una locomóvil de vapor que se debe estimar siempre en 800 á 900 pesetas por caballo de vapor nominal.

En cuanto á la cantidad de combustible, está comprendida entre 2 y 3 kilogramos de hulla por fuerza de cada caballo y por hora. Hay máquinas de vapor que consumen leña, turba, y aun paja.

La casa Gwynne construye sus bombas centrífugas variando extraordinariamente las dimensiones, ya fijas, ya montadas sobre un carro para hacerlas de fácil transporte. No deben usarse sino para grandes masas de agua á alturas no considerables, movidas por tanto por un motor cualquiera, pero resultá mucho más ventajoso el aplicarles una maquina de vapor, puesto que la correa de trasmisión podrá suministrar la enorme velocidad que se necesita en el eje de la bomba, sin necesidad de engranajes intermedios que complican la cosa y producen resistencias pasivas, como sucederia empleando otro motor, por ejemplo, uno hidráulico.

El modelo más pequeño construido por Gwynne tiene una pulgada en su diámetro del tubo (0<sup>m</sup>25), eleva por minuto 12 á 25 galones, ó sea 54 á 112 litros, y cuestan en Londres unos 1.000 reales: la fuerza motriz para cada pié de altura elevada (0<sup>m</sup>3) es 0,005 de caballo de vapor, pero refiriéndose á la mínima cantidad elevada. La figura 59 representa

una bombita Gwynne montada sobre un carro; á la izquierda está la polea á la que se aplica la correa motriz. La figura 60 representa una máquina especial motriz de vapor; se aplica especialmente á la condensacion en las grandes máquinas de buques.

Quando se trata de masas muy considerables de agua, conviene emplear, no una locomóvil de vapor, sino una máquina de cilindro horizontal, á la cual va aneja la bomba centrífuga. La casa citada construye á veces dos grandes bombas con un solo eje, y en el punto medio de éste un codo ó dos, á los cuales se aplican las bielas motrices de los cilindros horizontales de la máquina térmica. Las mayores máquinas construidas de este sistema tienen 54 pulgadas de diámetro en cada tubo de aspiracion y de elevacion, ó sea 1,37 metros; cada máquina de vapor es de dos cilindros de 28 á 47 pulgadas respectivamente en su diámetro. Cada bomba eleva 57.000 galones por minuto, ó sean 4.275 litros por segundo, que es un verdadero rio, y lo eleva á 2,5 metros cuando ménos y 3,6 cuando más. Estas máquinas se han montado en 1874 para secar los pantanos de Ferrara en el norte de Italia: son 4 pareadas; total 8 potentes bombas.

BOMBAS NEUT Y DUMONT. La bomba de Gwynne (fabricante de Londres) se usa mucho en Francia para los agotamientos emprendidos por un tanto alzado; hay arrendadas muchas bombas en diversos departamentos, sobre todo para el servicio de obras públicas. Se construyen también en Francia máquinas elevadoras análogas, tales como la bomba de Neut y Dumont (fabricantes en Lille).

Esta bomba descansa en una armazon de fundicion que soporta igualmente el eje de rotacion terminado por una polea sobre la que se arrolla la correa puesta en movimiento por la máquina de vapor. El cuerpo de bomba está formado de dos conchas reunidas con pernos, en las que gira una especie de turbina compuesta de dos caras que encierran las paletas. Una parte de las paletas reúne las caras al cubo, á través del cual pasa el eje de rotacion. El conducto de aspiracion se divide en dos ramas, desembocando de una y otra parte en el centro de las bombas. Los tabiques obligan al agua á seguir el conducto anular situado entre el cuerpo de bomba y la turbina; su seccion va constantemente agrandándose. Esta disposicion evita los violentos remolinos que se traducen en pérdida de fuerza en la masa de agua encerrada en el cuerpo de la bomba. El conducto de aspiracion está además provisto en su parte inferior de válvulas que se pueden colocar debajo del agua en el tubo, y que llevan ventanitas de visagras que se abren con la mayor facilidad, lo que permite la inspeccion sin que sea necesario desmontar nada. Para evitar la entrada del aire en el aparato, se determina un exceso de presion de agua en el interior de la caja de estopas, por un tubo lateral en el punto que se ha de preservar. Este tubo viene fundido con las envolventes, y de este modo existe una doble comunicacion que produce una corriente continua, propia para la limpieza de las superficies y para refrescar las partes frotantes, en el caso en que se produjera un calentamiento en el eje.

Con las bombas rotatorias que acabamos de describir, ya de Gwynne ya de Neut, se puede contar con un rendimiento de 60 por 100, segun experimentos hechos en el Conservatorio de Artes y Oficios, bajo la direccion de Mr. Tresca. Por consiguiente, en vez de elevar 75 litros á 1 metro en un segundo, con la fuerza de un caballo de vapor, no se eleva sino  $75 \times 0,60 = 45$  litros. Si en lugar de elevar á 1 metro se eleva á 2 metros, á 3 metros etc., la cantidad elevada será mitad, tercio, cuarto, etc. de 45 litros. La cantidad de agua elevada será pues, inversamente proporcional á su altura y proporcional á la fuerza motriz desarrollada. En vista de estas sencillas explicaciones, será fácil siempre darse cuenta, da-



das la altura y la cantidad de agua que se necesita, de la fuerza que ha de emplearse, y por consecuencia del gasto de combustible que se ha de hacer. Los gastos de instalación varían con la altura que se desea. Existen en España, en particular en los alrededores de Málaga, varias bombas Neut y Dumont puestas en movimiento por locomóviles de vapor que elevan el agua á 12, 15 y aún á más metros. En Egipto, en el Nilo, las bombas de dichos constructores elevan el agua para el riego á 10 ó 12 metros. Existen también muchas en Francia.

Hay que hacer un primer gasto considerable para la elevación de agua por medio de máquinas; este es el de la bomba y del material que debe acompañarla.

Se concibe que el gasto primitivo aumenta con la altura de elevación. Esto depende de los conductos que se establezcan. En los Vosgos existen bombas Neut y Dumont que envían el agua por conductos de piedra arenisca á una distancia de más de 300 metros y á una altura de 20 metros. Pero, en general, las buenas condiciones de empleo son las de una altura de 5 metros próximamente. No es necesario que la bomba esté muy cerca del agua; puede ir á buscarla por aspiración á cierta distancia, siguiendo el conducto todas las sinuosidades del suelo, de tal modo, que en las orillas del río la bomba puede estar colocada al abrigo de un dique, elevándose el tubo de aspiración hasta la parte superior del mismo, y volviendo á bajar el río en seguida. Esta es una preciosa ventaja, gracias á la cual se evita el perforamiento del dique, á nivel de las tierras regables, para el paso de un tubo ó de un acueducto. Todas estas bombas tienen un tubo inferior de lona con una boca metálica provista de agujeritos, á fin de que no penetren los cuerpecillos sólidos que puede haber en el río ó en el estanque.

Las bombas Neut suelen ir montadas sobre un carrito de cuatro ruedas para mayor facilidad en su transporte. Para un diámetro de la rueda de 0<sup>m</sup>.3 con orificios de aspiración é impulsión de 0<sup>m</sup>.25 se elevaron 138 litros por segundo á 5,5 metros de altura, y el coeficiente, en los experimentos á que nos referimos, fué entonces 0,57; la velocidad de la rueda era de 500 vueltas por minuto. La fuerza motriz varía con la altura y el precio de estas máquinas viene á ser, para elevar 2.000 litros por minuto ó algo más, unas 400 pesetas, aumentando sucesivamente hasta 230.000 litros por minuto, en cuyo caso el precio es 7.500 pesetas.

Hay también otros modelos de bombas centrífugas, pero se parecen mucho á las anteriores: son reputadas en Inglaterra las de Mac-Farland, Tangy y Bennison.

**BOMBAS ROTATORIAS.** Además de las bombas anteriores y de otras parecidas en que se aprovecha la fuerza centrífuga, vamos á citar otras propiamente rotatorias que pueden luchar con las anteriores en la práctica y ser de utilidad en ciertos casos. Una de ellas consiste en dos cilindros concéntricos que dejan entre sí un espacio anular, *B* (fig. 61); el exterior es fijo y el interior móvil al rededor de un eje. Este cilindro móvil *A* lleva cuatro paletas que interceptan el espacio anular; son las *C*, las cuales, como se ve en la figura, pueden entrar más ó ménos hasta tropezar con un excéntrico fijo atornillado á una de las caras laterales del tambor.

De aquí resulta que el agua que entra por el tubo inferior en dirección de la flecha es empujada por las paletas dentro del espacio *B*; é impelida por el tubo superior. Las paletas empujadas por el excéntrico dejan paso al agua cerca de los tubos y arrastran á ésta en la mayor parte del espacio anular.

Esta bomba es aspirante é impelente, pero exige bastante velocidad para su buen uso,

y en tal caso el movimiento de las paletas puede hacerse con dificultades y entorpecimientos, por lo cual sin duda no se ha divulgado su empleo.

La de Behrens consta de dos cilindros superpuestos, la mitad del uno hueco y la otra mitad macizo, hallándose en presencia respectivamente la parte maciza del uno con la hueca del otro y formando un sistema parecido al de algunos ventiladores de minas. Durante media vuelta el agua es arrastrada por uno de los espacios anulares, y durante la otra mitad por el del otro cilindro.

Esta máquina es también delicada, y no lucha en la práctica con las bombas centrífugas ya descritas.

Otro tanto decimos de la turbina elevadora de Girard; que consta de varias coronas iguales montadas en un árbol vertical y dentro de una caja que tiene unos tabiques cuyas formas concuerdan con las de las coronas. Cada corona tiene treinta y seis paletas directrices de tal modo dispuestas que hacen variar las secciones de los pasos del líquido, y por tanto la velocidad. Esta máquina es delicada y cara.

Más sencillo sería emplear una hélice parecida á la propulsora de los buques y análoga á la que hemos descrito en la rosca de Arquímedes, la cual, colocada en un cilindro vertical, recibiera un rápido movimiento giratorio que impulsara el agua hácia arriba. En la práctica ha producido esto un aprovechamiento muy escaso de la fuerza motriz.

Tiene cierto parecido con la anterior la bomba llamada *espiral*, que consiste en un tubo de cobre arrollado sobre un cono de modo que estén en contacto lateral las partes del tubo. El extremo correspondiente á los puntos más gruesos del cono se sumerge en el líquido sucesivamente; el otro extremo del tubo se prolonga por el vértice del cono en dirección del eje del mismo y sirve de árbol horizontal para la rotación; á él se une por el extremo un codo vertical, que es el de elevación. Dando un movimiento suave á esta máquina el agua se eleva; su sencillez no puede ser mayor, y parece que la velocidad no debe pasar de cierto límite para el buen efecto. Conviene también que la altura esté en relación con el diámetro mayor del cono.

**BOMBA GREINDL.** Está hoy en día muy en moda y ha sido muy recomendada por todas las revistas científicas é industriales una bomba rotatoria debida á Greindl, y que va expuesta en el corte trasversal y proyección vertical en las figuras 62 y 63. Consta de dos cilindros, giratorios, tangentes entre sí, y moviéndose el inferior con una velocidad doble del superior, gracias á un engranaje que se ve á la derecha de las poleas en la figura 63. El cilindro inferior lleva dos aletas, que son los verdaderos émbolos, los cuales entran sucesivamente en un hueco del cilindro superior: estas aletas empujan de un modo continuo é igual el agua que viene por la derecha y la elevan por la izquierda.

La sección es la misma en los tubos y en el cuerpo de la bomba, de suerte que no hay angosturas ni recodos que perjudican, como varias veces hemos dicho, al movimiento del agua, consumiendo en pura pérdida una parte de la fuerza motriz. Si cualquier cuerpo sólido, una piedrecilla por ejemplo, viene con el agua, pasa perfectamente y sin tropiezo, cosa que no sucede en otras bombas.

La velocidad de estas bombas es mucho menor de la que exigen las centrífugas, siendo la de estas últimas tan grande que constituye un verdadero defecto, pues exigen esmerada construcción y vigilancia, y además se desgastan pronto ciertas piezas. La velocidad de la bomba Greindl es cosa de 140 vueltas por minuto, y puede ser aún menor sin inconveniente grave.