

metro es inferior á 0^m,12 y que es grande cuando excede de 0^m,33; las bombas más poderosas tienen de 0^m,40 á 0^m,50. La alzada, ó carrera de los émbolos en las grandes bombas está comprendida entre 1 metro y 1^m,50. La velocidad de los émbolos es de 0^m,16 á 0^m,25 por segundo. En estas condiciones es muy fácil calcular por las más sencillas fórmulas de geometría, el volúmen de agua que se puede obtener por segundo. Para conseguir el mayor efecto útil, el área de la abertura tapada por las válvulas debe ser la mitad próximamente de la del cuerpo de bomba; los diámetros de los tubos de aspiración y de conducción deben ser iguales á los dos tercios del que tiene el cuerpo de bomba; finalmente el espacio perjudicial que queda debajo del émbolo, cuando llega al punto más bajo de su carrera, debe reducirse todo lo posible. Las buenas bombas dan un trabajo teórico de 0,50 á 0,70 del trabajo práctico ó gastado.

En la célebre máquina establecida en Marly en tiempo de Luis XIV (desde 1675 á 1682) y que ha sido reconstruido en estos últimos años, ocho bombas aspirante-impelentes movidas por dos grandes ruedas hidráulicas, elevan el agua hasta una altura vertical de 155 metros para las necesidades de Versalles. Los émbolos tienen que vencer una presión de cerca de 17 atmósferas; 15 teóricas y 2 por frotamiento.

La figura 41 indica una de dichas bombas, que es de émbolo macizo *A*: al subir el émbolo asciende el agua por el tubo de aspiración y pasa por *B*; al bajar empuja el agua por el tubo de la izquierda, abriendo *C*. Suele acumularse algo del aire disuelto en el agua en la parte superior del cuerpo de bomba, cuyo aire perjudicaba al efecto de la máquina, por su comprensibilidad; se quitó este defecto, haciendo una ranura en *D*, parte alta del émbolo, y cerrada por una llavecita que se abre con la palanquita *E*. Basta abrir ésta de vez en cuando para que salga el aire acumulado, lo que se nota por el silbido, y se cierra no bien se ve brotar un chorrito de agua.

En Vincennes, al lado de Paris, para elevar á los jardines un verdadero río artificial que los riegue, así como los paseos públicos al propio tiempo que para la granja, que encierra cien vacas de leche, se han establecido al efecto dos turbinas Fourneyron sobre el Marne; las cuales hacen andar dos bombas pareadas con depósito de aire intermedio. Vienten cerca de 3.000 metros cúbicos de agua por día en un depósito colocado á 35 metros sobre el nivel del río.

En la propiedad de Martinvast, en Normandía, del general Dumoncel, hay bombas que proporcionan 288 metros cúbicos de agua cada 24 horas, para el riego de 5 hectáreas de pradera.

Se citan entre las mejores bombas francesas las de válvulas de Letestu, las de válvulas de caoutchouc, las de válvulas esféricas de Delpech, etc.

BOMBAS DE MANO. Pocos aparatos mecánicos se han generalizado tanto en estos últimos años como las bombas movidas á mano, ya para elevar el agua á una casa de campo, ya para regar un jardín, ya para llenar un depósito donde bebe el ganado, ya para fuentes públicas, ya para otros mil usos. Habiendo hecho conocer en los párrafos anteriores la disposición interior y fundamental de las bombas, no nos resta más que indicar la forma exterior y detalles variantes de cada bomba común.

La figura 43 representa uno de los modelos más usuales. La bomba es aspirante-impelente; al extremo inferior se adapta el tubo de aspiración, y á la tuerca que se ve en la parte alta de la izquierda se une el tubo de elevación. El mecanismo va sujeto con tornillos á una tabla, fija á su vez á una pared ó á un poste. Se ve en el principio del vástago

la caja de estopas, la cual se aprieta con un solo tornillo que forma la corona destinada á empujar las estopas. A la derecha se ve la palanca á que se aplica la mano para mover la bomba, y cuyas articulaciones permiten dar al extremo superior del vástago un movimiento casi rectilíneo y de vaiven, pues el pequeño cabeceo influye poco, gracias á la flexibilidad del vástago.

La figura 44 es muy parecida á la anterior. Varía algo, sin embargo, en la disposición de la palanca, y se nota hácia la mitad del vástago una guía del mismo para evitar el cabeceo de que antes hablábamos, nada favorable por cierto á la duración de la máquina. Sobre el cuerpo de bomba se nota una capacidad cónica, que es el depósito de aire destinado á regularizar la salida del líquido por la electricidad de este fluido, y evitar las intermitencias en el caño, hijas del movimiento alternativo del émbolo. La aspiración de esta bomba es de poco más de 8 metros, y los precios á que las da el Sr. Rio son 95, 100, 105 pesetas, para los números 2, 3 y 4 respectivamente del fabricante. La elevación puede ser mucho mayor que la aspiración. Los tubos de plomo para una y otra cosa cuestan respectivamente 2,5, 3, y 3,5 pesetas el metro lineal.

La figura 45 representa un modelo muy vulgarizado para usos públicos y privados: es una bomba sólida y resistente.

La figura 46 tiene más analogía con los rosarios que con las bombas, y se parece mucho á la figura 40. Consiste en un rosario movido por un manubrio. A la izquierda se ve el árbol y junta universal para darle movimiento por una fuerza cualquiera que no sea la del hombre, aplicada ésta al manubrio de la derecha. Este aparato es ingenioso.

La bomba sencillísima llamada americana es la representada en la figura 47, y se parece mucho á las anteriores; es muy sólida. La figura 48 representa una bomba común para un pozo, provista de un volante para regularizar la intermitencia de la acción del agua y aún la del hombre que obra sobre el manubrio.

El pozo completo con su bomba está indicado en la figura 49; para hacer más pequeña la columna de aspiración, se ha colocado la bomba en el interior del pozo. El tubo de impulsión tiene en su parte superior un depósito de aire para regularizar la salida del agua. Todos estos modelos se encuentran en el citado almacén de maquinaria agrícola del señor Rio.

BOMBAS DE CARRO. Hay también bombas de mano más sencillas que las anteriores, pero parecidas á ellas: van sobre un carrito con dos ruedas y tienen un solo cuerpo cuyo émbolo se mueve con una palanquita. A veces no hay carro y es una bombita que pesa muy poco, con la cual se riegan pequeñas extensiones de hortaliza ó jardines. La más sencilla de todas es un especie de jeringa que va verticalmente en un cubo con agua: no tiene válvula ninguna en el émbolo; éste se mueve tirando de un mango que hay en el vástago.

Cuando haya un pozo para colocar la bomba, se construirá conforme se dijo en el capítulo XI. Al extremo inferior del tubo se pondrá una cabeza de regadera ó sea un espacio con agujeritos para impedir que pasen cuerpos sólidos. Conviene disponer una escalera en la fábrica para bajar á registrar la bomba, si su cuerpo va dentro del pozo, mudar las guarniciones, etc.

Volvamos á las bombas de carro, en las que el agua se echa con cubos ó por una manga. Las figuras 50 y 51 muestran dos bombitas de carro: en ellas se ven las ruedas, el depósito que se llena de agua, el mango para mover la bombita y la lanza que arroja el agua al sitio que se va á regar.

La figura 52 representa una bomba que propiamente es de incendios, aunque pequeña para este uso, y que también puede usarse para el riego. Va sobre cuatro ruedas y tiene dos cuerpos: á cada vara lateral se aplican uno ó dos hombres, según la altura á que se debe impeler el agua. La figura 53 representa una bomba, que si bien no va sobre un carrito, es portátil y va montada sobre tres pies: se usa en ríos, balsas, estanques, etc., y se usa también en agotamientos: es sencillísima.

La figura 54 muestra una bomba para los mismos usos que la anterior, pero transportable sobre una carretilla. La 55 es de dos cuerpos y puede servir también para incendios.

Una bomba que tiene analogía con las anteriores, pero especialmente destinada al trasiego de los vinos, es la indicada en la figura 56: puede servir también para riego y áun para atajar los incendios.

BOMBAS DE VARIOS CUERPOS. La figura 57 representa una bomba de tres cuerpos instalada en un pozo, cuyo objeto es tener gran regularidad en el tubo de salida, pues hallándose encontrados los juegos de los tres émbolos se compensan mutuamente sus irregularidades. Notemos desde ahora que el inconveniente de éstas no es tanto por la salida intermitente del caño como por la diferencia de esfuerzo que hay que hacer en el vástago. En efecto, si la columna elevatoria es considerable, al subir su émbolo es preciso ejercer sobre el vástago una gran presión, la cual no sólo desaparece al bajar dicho vástago, sino que el peso mismo de la columna empuja fuertemente el émbolo, arrastra el vástago y se percibe perfectamente en el aparato motor.

En comprobación de lo anterior diremos que si en la bomba de la figura última no hubiera más que un solo cuerpo y la distancia del mismo al exterior del pozo fuera considerable, la caballería que tira del malate superior, destinado á mover la bomba, tendría que ejercer un enorme esfuerzo para elevar el émbolo, sufriría luego un aflojamiento en sus tirantes, porque el émbolo bajaría por sí mismo; para subirlo otra vez tendría que ejercer una sacudida muy fuerte en dichos tirantes, y así sucesivamente. Estas irregularidades no sólo perjudican al buen trabajo mecánico de la bestia que efectúa el tiro, sino que también dañan la salud de ésta, pues los choques repetidos son muy malos para la misma. Además de esto la subida y bajada de una masa líquida grande produce choques perjudiciales, bajo el aspecto mecánico de la fuerza motriz, y que dañan también á la duración de la máquina. De aquí el empleo de bombas de dos ó más cuerpos, cuando la tracción se ha de ejecutar por una caballería y la altura de elevación pasa de 10 metros, así como la bomba Montenegro, de que hablaremos más adelante, la cual da un tiro regular con un solo cuerpo.

Volviendo á la figura anterior vemos en la parte inferior del tubo de aspiración, luego los tres cuerpos que afluyen á un solo tubo central y los tres vástagos movidos por tres codos de árbol que forman entre sí ángulos de 120 grados, ó sea la tercera parte de la circunferencia. La transmisión del movimiento se ejecuta por un engranaje cónico de fundición, y el soporte general del árbol motor vertical es también de fundición.

La figura 58 es una bomba portátil de tres cuerpos situados horizontalmente sobre un carro. A la derecha se ve el tubo de aspiración y un depósito esférico de aire en la parte superior de los cuerpos, para regularizar aún más su acción y recibir el aire disuelto del líquido. El malacate va indicado por sus cuatro varas, y en el suelo á la izquierda se ven las del tiro del carro. Esta bomba inglesa puede servir para riegos y para incendios; es muy potente.

La bomba aspirante impelente de cúadruple efecto, de Mr. Noel, está fundada en el prin-

cipio ordinario de las bombas á la vez aspirantes é impelentes, con un depósito de aire intermedio. Lo que la distingue es que las válvulas están formadas de bolas recubiertas de un cautchouc vulcanizado, de muy fácil limpieza. Tiene dos bolas para la aspiración y dos para la impulsión. A fin de asegurarse de su limpieza se coloca una mira enfrente de cada válvula que puede abrirse con una simple tuerca, y se deja una abertura bastante grande para introducir la mano y sacar los cuerpos extraños.

El agua aspirada levanta una de las bolas cuando se eleva el émbolo, estando cerrada entonces la otra bola. Cuando el émbolo vuelve á bajar el agua impelida empuja la primera bola y levanta la otra para entrar en el segundo cuerpo de bomba, de donde se escapa por el tubo, por la presión del aire que ocupa la parte superior del segundo cuerpo de bomba, en el que las válvulas se cierran en el momento en que las del primero se abren. La presión se ejerce en el segundo cuerpo de bomba por el aire, que impulsado por la ascension del émbolo, penetra por la abertura superior. El rendimiento útil de la bomba es de 60 á 65 por 100.

Una bomba de este género, establecida sobre algunos maderos, y que puede, por otra parte, convertirse en locomóvil, cuesta de 900 á 1.000 pesetas con todos los útiles necesarios. Para suministrar 6 litros por segundo, suponiendo una aspiración de 3 metros y una impulsión igual, necesita una fuerza motriz de 2 caballos dinámicos. La polea da 30 vueltas por minuto. No se estropea esta bomba con aguas fangosas.

BOMBA MONTENEGRO. Al principio del párrafo anterior hemos indicado los inconvenientes que presentaba la bomba de un solo cuerpo movida por una caballería, cuando la profundidad es considerable. Cierto que este inconveniente desaparece casi por completo empleando las bombas de tres cuerpos que hemos descrito, pero esto indica á su vez ciertos inconvenientes anejos á las bombas de émbolo. En efecto, en cada uno de éstos es preciso cuidar de la guarnición del émbolo y de la que hay en la caja de estopas para que no haya escapes de líquido ni tampoco frotamientos excesivos. Pero sea como quiera, siempre se consume una parte del trabajo motor en el frotamiento del émbolo y vástago, el cual se triplica en el caso citado.

Por esto ocurrió al distinguido ingeniero industrial español D. Antonio Montenegro la idea feliz de hacer regular la tracción de la caballería, sin emplear más que un solo cuerpo de bomba. A este efecto inventó un medio de regularizar la fuerza intermitente transmitida por el vástago, al cual llamó oportunamente *regulador de pequeña velocidad*, para distinguirle de los volantes que son el medio generalmente empleado en las máquinas para regular sus movimientos. Algunos constructores han empleado los volantes en las bombas de un cuerpo, ideando mecanismos para aumentar la velocidad con objeto de montar dicho volante, pero estos mecanismos, que son generalmente engranajes, consumen por sus frotamientos una parte de la fuerza motriz, mientras que el regulador del Sr. Montenegro no se halla en este caso.

Consiste en disponer un contrapeso al extremo de una palanca, el cual es levantado por un excéntrico cuando baja el émbolo, empleándose así una parte de la energía en la elevación de dicho peso. Por el contrario, cuando sube el émbolo baja el contrapeso y ayuda por consiguiente á este émbolo, regularizando la acción del tiro de la caballería. En un principio el Sr. Montenegro ideó dos contrapesos, calculados de modo que dicha tracción era casi uniforme, pero luego vió que las irregularidades en la práctica eran despreciables, empleando un solo contrapeso bien dispuesto. Para calcularle basta examinar las variantes del

tiro en los diversos puntos de la vuelta completa de la caballería y disponer la acción del contrapeso con su brazo de palanca y el excéntrico de modo que compense en cada punto dichas variantes. Así lo ha hecho el Sr. Montenegro, y la tracción de la caballería resulta ser casi uniforme constantemente.

MODELOS DE LA BOMBA MONTENEGRO. Las bombas Montenegro, especiales para elevar el agua de grandes profundidades ó para extraer el agua de pozos no profundos y subirla luego á depósitos muy altos, ha sido sancionada por la práctica en 45 aparatos que funcionan, elevando algunos hasta 78 metros de altura. Tres disposiciones distintas ha dado el inventor y son las que vamos á detallar:

1.^a disposición. Si el motor es una ó varias caballerías, éstas trabajan en un malacate ordinario dando movimiento á un árbol vertical y transmitiéndolo por medio de un engranaje cónico al árbol horizontal; esta disposición es la misma para los tres casos, así solo hablaremos del árbol horizontal y del mecanismo de la bomba. Esta 1.^a disposición se reduce á un excéntrico montado en el árbol por cuyo canto rueda una polea de garganta colocada en un balancin que es el que da movimiento á la varilla de la bomba; en el árbol vá fijo un mango y á su extremo un contrapeso que da vueltas al mismo tiempo que el árbol en que vá fijo. El excéntrico está trazado de modo que el movimiento de la varilla de la bomba no es igual para subir que para bajar; como el cuerpo de bomba empleado en este caso es elevatorio, el trabajo se efectúa al subir la varilla y ésta nada trabaja al bajar; cuando sube lo hace con lentitud y baja con rapidez de vacío en la tercera parte del tiempo empleado al ascender. El trazado del excéntrico, el peso y posición del contrapeso en todos instantes da por resultado la misma resistencia para el motor. Esta disposición es la más sencilla de todas y se emplea en pozos desde 20 á 40 ó 45 metros: de las varias que hay funcionando de esta disposición citaremos la establecida en el monte de Santorcaz (Alcalá de Henares) que extrae el agua de un pozo de 42 metros (150 piés) movida por una mula y eleva 3 metros cúbicos de agua por hora dando un trabajo útil de 35 kilográmetros. En Las Rozas funciona otra en un pozo de 34 metros, elevando luego el agua por 400 metros de tubería á 11 más de altura.

2.^a disposición. En este caso la varilla de la bomba también elevatoria recibe el movimiento de un manubrio fijo en la punta del árbol y el contrapeso va colgado á un balancin cuya polea rueda sobre el canto de un excéntrico fijo en el árbol; el trazado de este excéntrico es distinto del anterior y está trazado en función de las posiciones del botón del manubrio proporcionando una resistencia uniforme para el motor. Esta disposición es aplicable para pozos someros, cuando el agua tiene que seguir elevándose á mayor altura que la boca del pozo ó cuando el pozo pasa de 45 metros, en cuyo caso ya hay que equilibrar el peso de la varilla: para el primer caso citaremos la bomba establecida para el servicio de las fuentes públicas de Avila, cuyo pozo es de 4^m. siguiendo luego elevándose el agua hasta 22 por 360 metros de tubería, y para ejemplo del segundo caso citaremos la establecida en Pozaldez en un pozo de 60 metros y otra en el monte Mayor de Brihuega en un pozo de 56 metros. El manubrio lleva en este caso un contrapeso en su parte opuesta al botón equilibrando el peso del varillaje.

3.^a disposición. En este caso no hay excéntrico, la bomba se mueve por medio de manubrio y el contrapeso es giratorio al rededor de un eje auxiliar que recibe el movimiento del árbol por medio de un engranaje recto en la relación de 1.^a á 2.^a, dando por consiguiente el contrapeso doble número de vueltas que el botón. El cuerpo de bomba en este caso es

aspirante impelente; si es de simple efecto la altura de aspiración ha de ser igual á la de impulsión para que sean iguales los esfuerzos de tracción y compresión de la biela y con igual objeto será de doble efecto si la impulsión ha de ser á mayor altura que la aspiración: en este caso está la bomba establecida para el surtido de aguas de Navalcarnero, cuyo cuerpo de bomba es aspirante impelente de doble efecto y eleva el agua á 78 metros de altura por 1700 de tubería de impulsión: esta bomba eleva, movida por 2 mulas, 3.150 litros de agua por hora y la mitad si la mueve una mula, porque esta disposición se presta á dejar la máquina en la mitad de fuerza, mudando de sitio al botón y acortando igualmente el radio de giro del contrapeso. Esta tercera disposición sólo se puede establecer en pozos de poca profundidad; el de Navalcarnero es de 11 metros, el cuerpo de bomba aspira á 4 metros é impele el resto hasta 78. La ventaja de dar una resistencia constante lo es también para la aplicación de los motores inanimados, como sucede en algunas de las bombas establecidas; en la fábrica de papel continuo de Morata de Tajuña funcionan 3 bombas de la 1.^a disposición, de la fuerza de 3,80 caballos, movidas por las turbinas de la fábrica, y en la fundición de los Sres. Bonaplata hermanos, de Madrid, hay una movida por la transmisión de la máquina de vapor que eleva el agua de un pozo de 42 metros.

BOMBAS DIVERSAS. Cada fabricante de bombas, refiriéndose exclusivamente á las de émbolo, ha ideado un sistema especial cuya bondad ó defectos radican más que en el sistema en la perfecta ó descuidada construcción de los órganos. Por esta razón seremos parcos en la descripción de modelos de bombas muy ponderadas por sus constructores, pero que en la práctica no son mejores que otras.

Las hay también de doble efecto, en las que el líquido es empujado por ambas caras del émbolo, pero para esto se necesita disponer una caja de distribución, análoga á la de las máquinas de vapor, aunque con válvulas. De este modo el chorro es casi continuo. La complicación citada no compensa esta ventaja; citaremos como una de las mejores en Inglaterra la de Holman.

Para alimentar las calderas de vapor suele haber una maquinilla especial que consiste en un cilindro de vapor, y á continuación, con el mismo vástago, otro para empujar el agua, ó sea la verdadera bomba. Este aparato tiene poco interés para la agricultura, y por eso no le detallamos. En Inglaterra los construye Hayward entre otros.

BOMBAS SINGULARES. Entre los varios sistemas de bombas que no han recibido aún la sanción de la práctica, pero que son dignas de hacerse notar por su novedad é ingenio, citaremos los aparatos siguientes, tomándolos de la monografía del Sr. Balaguer, á que anteriormente hicimos referencia.

«Entre estos aparatos figura el conocido con el nombre de propulsor hidráulico, de Sr. Durozoi, presentado en la última exposición de París, que es una máquina sencilla y tosca que puede reemplazar ventajosamente á las bombas en ciertos casos. El tubo elevador está terminado en su parte inferior por un cilindro fijo de un diámetro bastante grande y sumergido en el fondo del pozo ó depósito; un pequeño cangilon, fijo á las tres varillas verticales móviles dispuestas al rededor del cilindro, puede recibir un movimiento alternativo, merced á aquellas varillas, y por medio de una palanca cualquiera situada en lo alto del pozo. A cada golpe, el cangilon se llena y empuja las columnas de agua del tubo elevador ó de impelencia, y como no puede el tubo caer de nuevo en el pozo, una parte del mismo es expulsada fuera. El aparato puede ser simple ó doble, y la disposición de las palancas varía á voluntad; se adapta á todas las profundidades, puesto que no existe la as-