

de los areómetros para líquidos más densos que el agua no tiene el mismo punto de partida que los destinados á líquidos menos densos; el agua destilada enrasa con el punto 0° en el primer caso y con el 10° en el segundo; 2.° se marcan los grados valiéndose de un agua salada á 15 por 100 cuando se trata de líquidos más densos que el agua, y á 10 por 100 solamente si de líquidos menos densos. Este es un lamentable defecto de identidad.,

Con objeto de obviar estos inconvenientes se construyen ahora areómetros cuya graduación da directamente y á primera vista la densidad de los líquidos en que se los sumerge: unos sirven para los líquidos menos densos que el agua y otros para los que lo son más; pero en razón de su principio y de su uso han recibido el nombre común de *densímetros*.

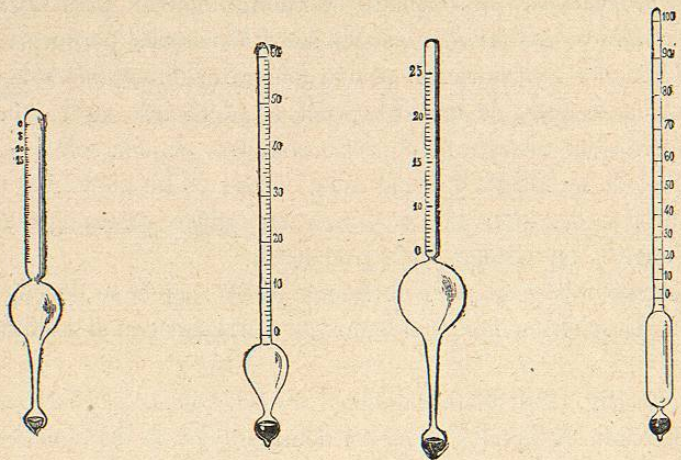


Fig. 175.—Pesa-sales ó pesa-ácidos ó areómetro de Baumé.

Fig. 176.—Pesa-licores y pesa-éter

Fig. 177.—Alcohómetro centesimal de Gay-Lussac

Para graduar los densímetros se los sumerge lastrados en agua destilada, siendo el lastre tal que el vástago de los instrumentos de la primera categoría enrasa con un punto inmediato al extremo superior, y el de los de la segunda con un punto de la parte más baja. En este punto de enrase se marca 100 y corresponde á la densidad 1. Luego se les introduce en un líquido de densidad conocida, 1,25 para los más densos y 0,80 para los menos densos que el agua. En los nuevos puntos de enrase se marca 80, cuyo número indica la graduación en volumen: divídese el intervalo en 20 partes iguales, siendo evidente que cada grado corresponde á densidades fáciles de calcular. Las cifras deducidas así por el cálculo se marcan además en las divisiones del instrumento, cuya escala indica á la vez los volúmenes y las densidades.

Los densímetros de graduación doble han sido adoptados por el Código de 1866, juzgándolos preferibles al areómetro de Baumé.

El alcohómetro centesimal de Gay-Lussac (fig. 177) tiene también una gran ventaja sobre el de Baumé; su graduación no indica tan sólo la fuerza comparativa en alcohol de las mezclas de alcohol puro y de agua, sino que marca instantáneamente la proporción en centésimas de los volúmenes del espíritu y del agua. Así pues, cuando el instrumento, introducido en una mezcla de dichos líquidos, marca 70°, es que ésta contiene en realidad 70 partes de alcohol puro y 30 de agua. Para graduar un alcohómetro centesimal, Gay-Lussac lo introducía sucesivamente en mezclas que contenían 0, 10, 20, 30.... 100 de alcohol puro, operación delicada y prolija, porque la mezcla de los dos

líquidos origina contracción de volumen y elevación de temperatura, de suerte que era preciso aguardar á que se hubiesen enfriado hasta una misma temperatura (la de 15° centígrados) para calcular la nueva proporción de los dos volúmenes. Por esto no guardan la misma distancia entre sí los grados de su escala, en lo cual difiere el alcohómetro centesimal de los densímetros que acabamos de describir.

Hase adoptado oficialmente en Francia dicho alcohómetro para medir la fortaleza de los aguardientes, de los espíritus y de todos los licores alcohólicos cuya introducción paga derechos. En Alemania se usa el de Tralles, que sólo difiere del de Gay-Lussac en la temperatura de la graduación (60° Fahrenheit ó 15°  $\frac{5}{9}$  centígrados).

Conviene advertir que de los distintos aparatos cuya descripción acabamos de hacer, los unos tan sólo indican indirectamente la densidad de las mezclas líquidas en las que se les introduce, sin dar á conocer esta densidad (pero se han calculado tablas que la marcan por cada grado), al paso que los otros la demuestran con bastante aproximación. Pero estos últimos no indican nada acerca de la composición de la mezcla, que puede sufrir alteración á causa de la introducción de sustancias extrañas á su composición normal.

### CAPÍTULO III

#### LA PRESNA HIDRÁULICA.—LOS POZOS ARTESIANOS

##### I

##### PRESNA HIDRÁULICA. — PRINCIPIO Y CONSTRUCCIÓN

Pascal había demostrado que toda presión ejercida en un punto cualquiera de la masa de un líquido se transmite con igual energía en todas direcciones, y de aquí dedujo la consecuencia de que, con un esfuerzo relativamente débil, se puede ejercer una presión considerable con tal que se tome un líquido, el agua por ejemplo, por intermediario de esta transmisión, y con tal que el émbolo sobre el cual se ejerce el esfuerzo, se apoye en una superficie del fluido mucho más pequeña proporcionalmente que la del émbolo que recibe la presión; en una palabra, había probado que la presión se transmite aumentando en razón de las superficies de los dos émbolos. La *presna hidráulica* quedaba con esto inventada teóricamente; pero las dificultades de ejecución no permitieron aplicarla prácticamente. Transcurrió largo tiempo sin que se supiera cómo evitar que el agua se escapara por las juntas de los émbolos, á causa de la fuerza misma con que el líquido, muy compresible como es sabido, era comprimido en el interior del aparato; filtraba por los más leves intersticios.

El ingeniero inglés Bramah halló en 1796 el medio de remediar este inconveniente, medio tan sencillo como eficaz.

La figura 178 representa un modelo de presna hidráulica, tal como se la emplea hoy en la industria para comprimir ciertas materias. Estas materias C están colocadas entre dos plataformas, la una fija en el extremo superior de una armazón sólida; la otra, movable entre las columnas de la misma armazón, es impelida en su marcha de abajo arriba por la cabeza de un émbolo P. Este último va metido en un cuerpo de bomba

cilíndrico M, lleno de agua y puesto en comunicación con una bomba impelente por medio de un tubo. El émbolo  $p$  de esta bomba es el que recibe la presión que se ha de transmitir, y el que desempeña el papel del émbolo más pequeño de la máquina teórica.

Veamos ahora, con auxilio de la misma figura que representa una vista interior de los órganos de la propia máquina, cómo están colocados y funcionan estos órganos.

AB es la bomba impelente ó de inyección movida por una palanca y cuyo émbolo impele el agua del depósito  $m$  al cilindro M. La presión ejercida por el líquido se transmite al émbolo P y por consiguiente á los objetos colocados en el platillo ó plataforma C.

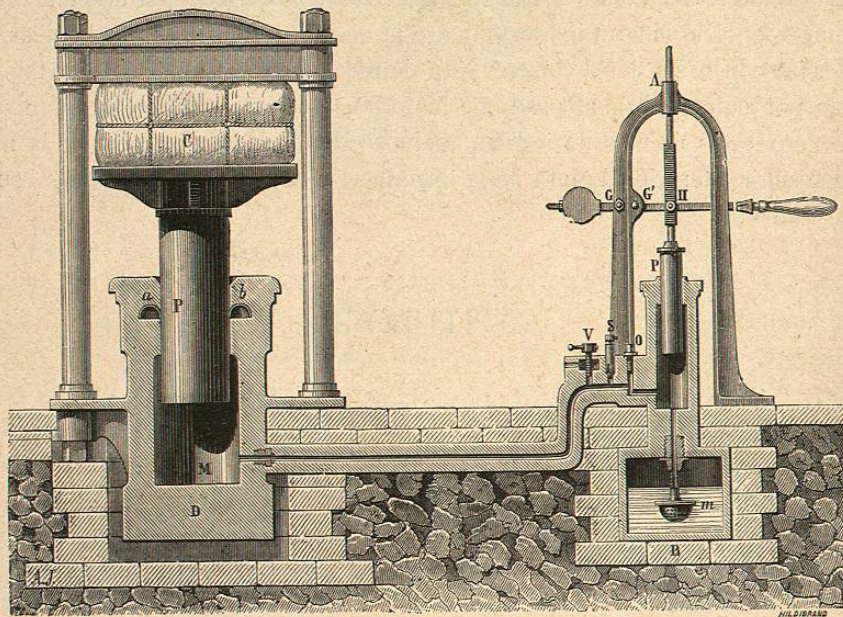


Fig. 178.—Prensa hidráulica

Para evitar los escapes de agua por las juntas del émbolo P y del cilindro, Brahm ideó dejar en la pared del cilindro una cavidad ó espacio anular  $ab$ , llenando este espacio con una pieza de cuero primeramente cortada á modo de anillo plano, y luego encorvada en forma de U invertida en todo su contorno, según puede verse en la figura 178. El agua que penetra por debajo de este anillo en el espacio circular ejerce su presión sobre toda la cara inferior del cuero, de lo cual resulta que cuanto mayor es la presión con más fuerza se adhiere el anillo contra el cilindro y contra el émbolo á la vez, y más herméticamente cerrada queda la junta que los separa.

Por lo regular la presión que se ha de ejercer, débil al principio de la operación cuando los objetos que deben comprimirse son aún poco compactos, ha de ir creciendo á medida que se está cerca de lograr el objeto propuesto. Consíguese este resultado sin necesidad de modificar la fuerza empleada, para lo cual basta acortar el brazo de palanca de la bomba. La presión depende en efecto de la relación entre las superficies de los émbolos y de la longitud del brazo de palanca que sirve para manejar la bomba. Así pues, si la superficie del émbolo P es 50 veces mayor que la del émbolo  $p$ , y la distancia del punto H en el que se ejerce la fuerza de la maniobra al punto G alrededor del cual gira la palanca es 10 veces mayor que G'H, la presión total transmitida será  $50 \times 10$ , ó 500 veces la que ejerza el émbolo menor. Si esta última equivale á un

peso de 10 kilogramos, la presión ejercida, abstracción hecha de las pérdidas ocasionadas por el roce, será  $500 \times 100$  ó 50,000 kilogramos.

Resulta de aquí que para disminuir esta presión basta alargar la distancia G'H, lo cual es muy fácil cambiando de posición el eje GG', alrededor del cual gira la palanca; acortando la misma distancia, se aumentaría la presión.

Por lo demás, cada máquina está construída con las condiciones de solidez y resistencia combinadas en atención á las operaciones que debe efectuar.

Los usos de la prensa hidráulica son hoy muy variados: sirve para exprimir los jugos de ciertas plantas, por ejemplo el aceite de las semillas oleaginosas; para prensar papel, telas, forrajes que se han de transportar á grandes distancias y que, comprimidos de este modo, ocupan mucho menor volumen que antes de la operación; se la utiliza en la fabricación de bujías, de pastas para sopa, etc. Los cables de hierro que se forjan en las fundiciones nacionales para la marina se someten á varias pruebas con objeto de averiguar su resistencia de tracción, y la prensa hidráulica es la que sirve para comprobar esta resistencia.

La misma máquina ha servido para levantar pesos considerables á grandes alturas. De este modo se han colocado en la parte superior de las pilas del Britannia Bridge los cuatro enormes tubos de hierro laminado que forman el tramo de este puente gigantesco, merced al cual la vía férrea de Chéster á Holyhead cruza el brazo de mar que separa la isla de Anglesey del condado del Carnarvon. Cerca de dos millones de kilogramos se han levantado así á una altura media de 33 metros con prensas hidráulicas movidas por vapor.

Debemos hacer mención de una modificación muy ingeniosa recién introducida en la prensa hidráulica, la cual consiste en la supresión de la bomba de inyección que transmite al émbolo del cilindro grande la acción motriz, y en la sustitución del émbolo de dicha bomba por un alambre ó una cuerda. Introdúcese ésta, por vía de tracción, en el cuerpo de prensa; transmite al líquido incompresible contenido en éste la presión necesaria para dicha introducción, y esta presión misma resulta multiplicada, como en la prensa hidráulica común, en razón de las superficies de sección del émbolo mayor y de la cuerda.

El cuerpo de prensa (fig. 179) contiene un carrete movido por fuera con un manubrio, y en el que se va enrollando una cuerda ó alambre que se desenrolla de otro carrete, con lo cual la cuerda se introduce poco á poco en el líquido que hay en el cuerpo de bomba. Este líquido (por lo regular es aceite) resulta así desalojado, y la presión que para ello debe sufrir se transmite por igual á cada elemento de la superficie de sección del émbolo, igual á la sección de la cuerda misma.

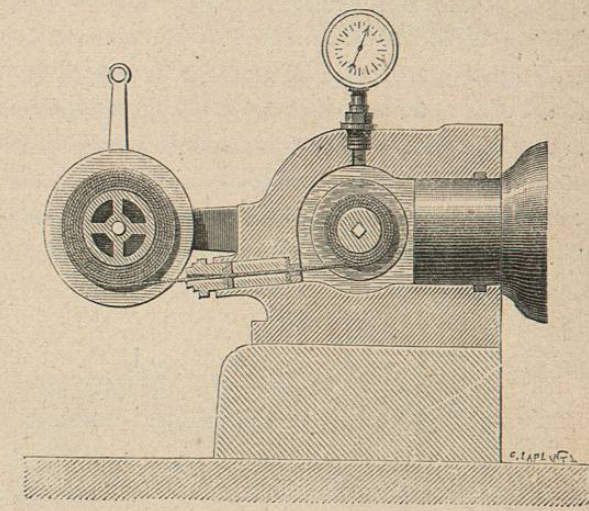


Fig. 179.—Prensa esterhidráulica de Desgoffe y Ollivier

Esta innovación ideada por los Sres. Desgoffe y Ollivier tiene dos ventajas: se aumenta de un modo notable la fuerza comprimente, puesto que se puede dar á la cuerda un diámetro mucho menor que el del émbolo de la bomba de inyección, á causa de las deformaciones que una varilla de metal rígido experimentaría si sus dimensiones fuesen muy reducidas; y además, como la introducción de la cuerda en la prensa *esterhidráulica* se efectúa enrollándola en bobinas interiores y exteriores al cilindro del cuerpo de prensa, el movimiento es continuo, al paso que en la prensa común es por golpes sucesivos. Mas junto á estas ventajas tiene sus inconvenientes, que M. Tresca resume del modo siguiente en el dictamen, que no por esto deja de ser favorable, que este distinguido ingeniero ha dado de la prensa esterhidráulica á la *Sociedad de fomento de la industria nacional*:

“Para acomodar el carrete interior es menester dar al cuerpo de prensa mayor capacidad; para poder transmitir el movimiento, hay que abrir un orificio destinado al paso del árbol y proveerlo de una caja de estopa bien ajustada; lo propio sucede respecto del orificio de introducción de la cuerda, por el cual no debe salir la menor gota de líquido, so pena de dejar vacía la prensa y de ocasionar, mientras ésta funciona, grandes disminuciones de presión.”

Según M. Tresca, el uso de esta nueva prensa será ventajoso en la mecánica que no requiera grandes presiones, pero en los trabajos de consideración se tropezará con serias dificultades.

## II

## NIVEL DE AGUA. — NIVEL DE AIRE

Las superficies libres de un mismo líquido en los vasos comunicantes se hallan en un mismo plano horizontal, tan luego como se restablece el equilibrio. Hase utilizado

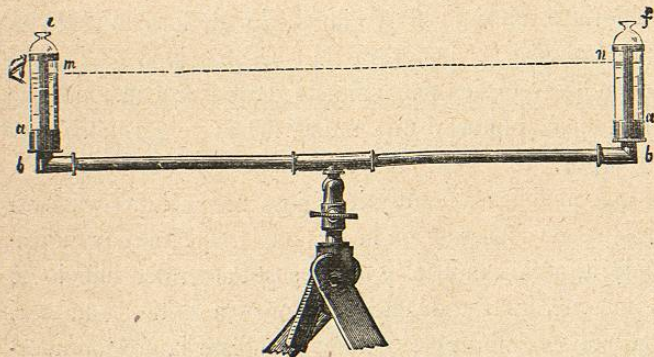


Fig. 180.— Nivel de agua

esta propiedad fundamental de los líquidos para construir un instrumento muy sencillo del cual se sirven los geómetras en sus operaciones de nivelación. Dicho instrumento, llamado *nivel de agua* (fig. 180), se compone de un largo tubo metálico *bb*, acodado por sus extremos, á los que se adaptan verticalmente dos tubos de vidrio *ef*, abiertos en su parte superior. Para operar con él, se llena de agua el tubo horizontal, de modo que el líquido suba hasta las tres cuartas partes de los tubos laterales. Si estando entonces el tubo colocado casi horizontalmente, se dirige una visual á las dos superficies de agua de los tubos de vidrio por una línea tangente interior *mn*, la visual será seguramente horizontal. Haciendo girar el instrumento sobre su eje en otra dirección, la nueva visual será también horizontal y estará situada en el mismo plano que la primera, con tal que los diámetros de los tubos de vidrio sean rigurosamente los mismos. De este

modo se pueden determinar los puntos de un mismo nivel sobre el terreno, y por medio de una serie de operaciones cuya descripción no es de este lugar, obtener las diferentes altitudes del suelo.

Los *niveles de aire* son instrumentos que sirven para el mismo objeto; pero su construcción está basada en distinto principio de física.

Consisten en un tubo de vidrio cerrado por todas partes y metido en un estuche de metal que deja ver una parte del tubo (fig. 181). Este tubo está enteramente lleno de un líquido, como agua, alcohol ó éter (estos dos últimos son preferibles al agua porque no se congelan), sin dejar más que un reducido espacio ocupado por una burbuja de aire ó de vapor. En virtud de la ley de equilibrio de los fluidos de densidad diferente, la burbuja gaseosa estará siempre en el punto verticalmente más alto del tubo. Colocado éste sobre una platina metálica, si se inclina con respecto al horizonte, la burbuja subirá hacia el lado más elevado del tubo y no permanecerá rigurosamente en su punto medio sino cuando el tubo y la platina estén en un plano perfectamente horizontal; pero como la más leve inclinación en cualquier sentido la llevaría á uno ú otro de los extremos del tubo, para obviar este inconveniente el tubo es ligeramente convexo en su parte superior, y se

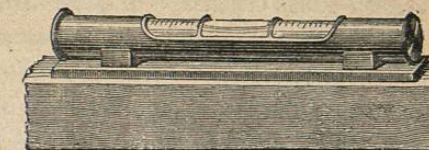


Fig. 181.— Nivel de aire

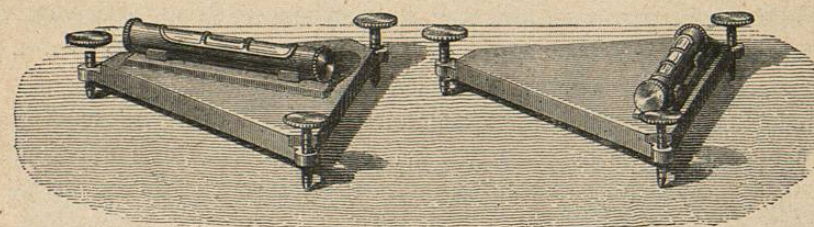


Fig. 182.— Horizontalidad de un plano obtenida con un nivel de aire

obtiene con más facilidad el movimiento de la burbuja hacia dicho punto. Se tiene la seguridad de que el plano de la platina es horizontal cuando después de algunas oscilaciones la burbuja queda inmóvil de modo que sus extremos ocupen á una parte y otra las mismas divisiones de la superficie convexa del tubo. Para conseguir que el instrumento esté perfectamente horizontal, se le pone sobre una platina triangular provista de tornillos de nivel; entonces se coloca el aparato paralelamente á una de las bases del triángulo, y moviendo de un modo conveniente uno de los dos tornillos de esta base se obtiene la primera línea horizontal. Pónese en seguida el nivel en dirección del vértice del triángulo, y se hace uso del tercer tornillo para tener la horizontalidad de esta segunda línea. El plano de la superficie es entonces necesariamente horizontal, puesto que pasa por dos líneas que lo son á su vez (fig. 182).

El nivel de aire da resultados más exactos que el de agua; por lo cual se le emplea con preferencia en las operaciones de geodesia y hasta en los trabajos de nivelación de cierta importancia. Todos los instrumentos de precisión, algunas de cuyas partes deben conservar durante las observaciones una dirección horizontal ó vertical rigurosa, están provistos de un nivel de aire, y sobre todo la mayor parte de los instrumentos de geodesia y de astronomía.

## III

## POZOS ARTESIANOS. — SURTIDORES

La construcción de los pozos artesianos está basada también en el principio de la igualdad de altura de los líquidos en los vasos comunicantes; pero además de esta condición es indispensable conocer geológicamente las capas de terreno y las de agua subyacentes. Aquí nos limitaremos, en lo que tenemos que decir acerca de esta importante aplicación de las ciencias, á lo que concierne al capítulo correspondiente de la física.

Ante todo, ¿qué es un *pozo artesiano*? ¿Conocieron los antiguos estos pozos? Lo mejor que en nuestro concepto podemos hacer para responder á estas dos preguntas es tomar de Francisco Arago los párrafos en que, después de dar la definición pedida, resume con la claridad y precisión que le son propias cuanto históricamente se sabe acerca del primer punto:

“Perforando verticalmente el suelo hasta suficientes profundidades, se encuentran en ciertas localidades capas de agua subterráneas que suben á la superficie por el canal que la sonda les ha abierto; estas aguas forman á menudo surtidores copiosos y muy altos. Las fuentes de surtidor perforadas por la mano del hombre, y hasta los simples pozos de escaso diámetro alimentados por aguas que llegan de gran profundidad, reciben el nombre de *fuentes artesianas, pozos artesianos, pozos perforados, etc.*”

„Los pozos *artesianos* se llaman así del nombre de una provincia de Francia, el Artois, donde según parece se dedicaban sus habitantes más especialmente á buscar aguas subterráneas. Hay sin embargo que confesar que los antiguos conocieron perfectamente esta clase de pozos y que sabían abrirlos.

„Olimpiodoro, que escribía en Alejandría á mediados del siglo vi, cuenta que en el Oasis se habían abierto pozos á 200, 300 y á veces hasta á 500 anas de profundidad, y que estos pozos lanzaban por sus bocas ríos de agua de la cual se aprovechaban los labradores para regar sus campiñas.

„En ciertos puntos de Italia estaban también probablemente en uso los pozos artesianos. El más antiguo que se conoce en Francia data, según se dice, del año 1126; está en Lillers (Artois), en el antiguo convento de Cartujos.

„Los habitantes del desierto de Sahara conocen hace mucho tiempo los pozos artesianos, á juzgar por lo que se lee en los *Viajes de Shaw*: “El *Wad-reag* es un conjunto de aldeas situadas bastante al interior del Sahara: estas aldeas no tienen manantiales ni fuentes; pero los habitantes se proporcionan agua de un modo muy singular. Abren pozos á cien y á veces á doscientas brazas de profundidad, y nunca dejan de encontrar agua en abundancia. Con este objeto extraen varias capas de arena y cascuijo, hasta que dan con una piedra que parece pizarra y que está precisamente, según se sabe, sobre lo que ellos llaman *Bahar tâht el Erd* ó *mar debajo de tierra*, nombre que dan al abismo en general. Esta piedra se horada con facilidad, y en seguida sale el agua tan bruscamente y con tal abundancia, que á veces sorprende y sofoca (ahoga?) á los que han bajado para dicha operación, por más que se les saque con toda la rapidez posible.”

„Domingo Cassini había hecho construir antes de su llegada á Francia, es decir, á mediados del siglo xvii, en el fuerte Urbain, un pozo cuya agua brotaba hasta 15 pies de altura. Cuando esta agua se hacía pasar por un tubo, llegaba hasta los tejados de las casas., (*Anuario de la Oficina de longitudes para 1835.*)

Se ha creído que los chinos, que se nos han anticipado en tantas invenciones prácticas, conocían los pozos artesianos hace millares de años. Abrían efectivamente pozos de considerable profundidad para sacar agua salada; pero nada prueba que esta agua brotase á la superficie del suelo como la de los verdaderos pozos artesianos.

Tales son los principales datos históricos sobre esta aplicación notable del principio de los vasos comunicantes. Veamos ahora cómo explica la teoría este fenómeno:

Si se coge un tubo de dos brazos encorvados en forma de U, el agua que se eche en uno de los brazos penetra en el otro, y tan luego como se establece el equilibrio, el nivel del agua está á igual altura (fig. 183) en *a* y en *b* en uno y otro. Supongamos ahora que uno de los brazos es más corto que el otro y que está previamente cerrado con una llave ó espita, y que el brazo más largo remata en un depósito lleno de agua. Si el nivel *c* del agua en éste excede en *cd* de la altura del nivel del brazo menor, el líquido ejercerá sobre el fondo una presión equivalente al peso de una columna de agua de altura *cd*; de suerte que si abriendo la llave se deja que esta presión se ejerza libremente, hará brotar el líquido á una altura que sería igual á *cd*, si no mediara la resistencia que opone á su movimiento el roce contra las paredes del tubo, y la de la masa de aire desalojada por el chorro. En todo esto suponemos que el depósito es de tal

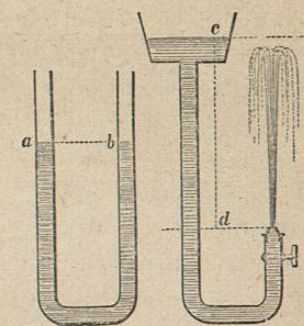


Fig. 183.—Principio de los surtidores y de los pozos artesianos

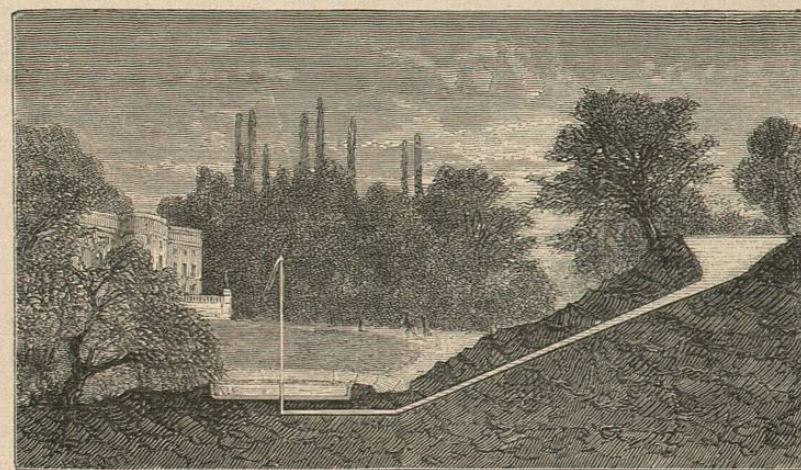


Fig. 184.—Surtidor

capacidad (si no está alimentado por un manantial constante), que su mismo nivel no varía de un modo perceptible en el experimento.

Vese, pues, que basándose en la propiedad del equilibrio de los líquidos en los vasos comunicantes, es fácil explicar los surtidores artificiales (fig. 184) que adornan los parques, jardines, plazas públicas, etc.

Así pues, un pozo artesiano no es otra cosa sino un agujero de sonda abierto al través de las capas superiores del suelo; y que, á profundidades variables según los terrenos, va á encontrar una capa de agua subterránea aprisionada entre capas de rocas