

Apenas principia el agua á penetrar por el tubo o va creciendo rápidamente la presion que ejerce sobre las paredes del T, por ser este liquido como ya hemos dicho casi incompresible; y como hay una comunicacion directa entre dicho tubo y la parte np de la bomba, resulta que la presion que el agua ejerce en esta parte de la máquina es igual á la que sufren las paredes del tubo que se está probando y que por consecuencia midiendo aquella presion tendremos el valor de esta.

Para ello hay en p (fig. 2) una válvula cónica, que se mantiene cerrada por medio de un contrapeso P suspendido de una palanca que gira al rededor de un eje proyectado en q . Es evidente que cuando la presion que el agua ejerce sobre la válvula sea igual á la del contrapeso, esta se elevará y se podrá calcular el número de atmósferas que marcan dicha presion, si se ha medido de antemano el peso P, su brazo de palanca y el de la fuerza que actua segun el eje de la válvula. Lo que ordinariamente sucede es que se han determinado anteriormente los puntos de division de la palanca en que hay que colocar un peso tambien dado, para equilibrar en la válvula presiones de 1, 2, 3... etc. atmósferas. Para mayor generalidad vamos á examinar, tanto el caso en que sea preciso graduar la barra, dado el contrapeso, como el en que graduada la barra se trate de buscar el contrapeso constante, que debe colocarse para producir las diversas presiones sobre la válvula.

En el primer caso, llamemos

P al peso en kilógramos que ha de sostener la palanca para producir la presion de n atmósferas.

s al área de la base inferior de la válvula en centímetros cuadrados.

L al brazo de palanca del peso P.

l al correspondiente á la presion en la válvula.

n al número de atmósferas de presion que ha de sufrir el tubo T, la ecuacion de equilibrio será:

$$PL = s \times n \times 1,035 \times l \dots (1).$$

de donde..... $L = \frac{s \times n \times 1,035 \times l}{P}$

Esta fórmula nos dará un valor determinado de L, ó lo que es lo mismo un punto de division de la barra, para cada valor de n , que es la única variable que contiene. La misma ecuacion (1) servirá para resolver el segundo caso que puede ocurrir, despejando en ella P y dando valores particulares á n , l y L y poniendo en vez de s su valor para la máquina de que se trata.

Por medio de estas fórmulas se ha comprobado para la prensa hidráulica que acabamos de describir la exactitud de las divisiones de la barra para el peso dado y con la seccion de la válvula.

En el sifon de Malacuera, en que los tubos se han probado á 12 atmósferas, se tenia

$$s = 1 \text{ centímetro cuadrado.}$$

$$l = 0,^{m}05 \quad L = 0,^{m}5 \quad n = 12 \text{ atmósferas.}$$

$$P = \frac{1 \times 12 \times 1,035 \times 0,05}{0,5} = 1,^{kg}24 = 2,^{lb}11^{on}.$$

Al colocar los tubos en su sitio, su union es una de las operaciones que exigen mas cuidado. pues se trata de formar un conducto continuo y como si fuese de una sola pieza, que impida completamente la salida del agua.

A este fin se oponen la compresibilidad del terreno y los cambios de longitud que provienen de las variaciones de temperatura, causas ambas que influyen en el desarreglo de las juntas y en que el agua pueda marcharse por ellas.

Los métodos empleados para unir los tubos y evitar estos inconvenientes son muchos, pero solo espondremos detalladamente el de enchufe, usado esclusivamente y con un éxito completo en los sifones del Canal de Isabel II, por que si bien es mas costoso por la necesidad de emplear una gran cantidad de plomo, es sin embargo el mas perfecto y el que da mas seguridad en sus resultados.

Para formar un sifon se enchufan unos con otros todos los tubos, empezando por el punto mas bajo, para lo cual tienen estos la forma y dimensiones indicadas en las figuras 3 y 4: despues de enchufados estan en la disposicion representada en la fig. 5. El espacio anular que queda entre cada dos se rellena con filástica y plomo, y como de la perfeccion del enchufe depende la impermeabilidad de la junta, es menester poner el mayor esmero en la operacion. Para esto se toma en primer lugar una cierta cantidad de filástica embreada, que se retuerce para formar una cuerda, y se rodea al tubo junto al enchufe, introduciéndola despues por medio de una atacadera de la forma representada en la fig. 6. Al principio se introduce solamente con este útil; pero despues para acabar de introducirla y comprimirla convenientemente se golpea con un martillo en la cabeza de la atacadera. De los 0,^m15 que tiene de longitud el reborde de los tubos, 0,^m08 se rellenan de filástica embreada y los 0,^m07 restantes de plomo. Para conocer si se ha colocado la suficiente cantidad de filástica ó sea los 0,^m08, lleva la atacadera una señal á manera de escantillon que ha de coincidir con el extremo del reborde. Segun observaciones detenidas y ejecutadas con bastante precision, resulta que en el enchufe de cada tubo entran 1,^k90, ó 4 libras y 2 onzas de filástica, término medio.

Despues de esto se introducen á martillazos unas cuantas cuñas de plomo, iguales todas y próximamente equidistantes unas de otras, con lo que se consigue que los ejes de los dos tubos que

se están enchufando estén exactamente en prolongacion uno de otro, y que la corona ó anillo de plomo que cubre la filástica tenga el mismo grueso en todas partes, pues claramente se comprende que de no ser así quedaria espuesto el metal á romperse por la parte mas delgada.

Sucedee, aunque muy pocas veces, que las cuñas de plomo se aplastan sin introducirse, en cuyo caso deben reemplazarse por otras de hierro.

Despues de colocadas las cuñas se vierte el plomo, cerrando antes el reborde del tubo con una capa de arcilla que impide la salida del metal, y que se quita cuando este se ha enfriado lo bastante para consolidarse.

La arcilla, que debe ser muy pura, se amasa cerca del tubo que se va á enchufar; se hacen con ella cilindros largos y delgados de unas 2 ó 3 pulgadas de diámetro, y despues se aplastan un poco para darles la forma de paralelepípedos: hecho esto se aplican al reborde del tubo y se les hace adherir de manera que no quede ningun hueco por el cual pueda pasar el plomo, á escepcion de un espacio que se deja en la parte superior, por donde se ha de verter el metal.

Colocada la arcilla se procede á echar el plomo. Este suele llevarse en unas vasijas de hierro de forma cilindrica y de medio pié cúbico próximamente de capacidad, que se cojen con dos abrazaderas, y antes de verterlo se espera á que tome el temple conveniente, lo que conocen los operarios por el color que presenta la superficie: si es algo amarillo rojizo, es señal de que está demasiado caliente, si es blanco, es prueba de que está demasiado frio; y solo cuando el color es azulado, tiene el temple conveniente.

El plomo se vierte por el espacio hueco, ó especie de cazoleta que se dejó en la arcilla en la parte superior del tubo, y se tiene cuidado de hacerlo despacio para facilitar la salida del

aire á medida que se va llenando el hueco que quedaba entre la filástica y la arcilla. Si el aire no tuviera tiempo de salir quedarían en el plomo unas hoquedades que debilitarían el enchufe. Aun con esta cazoleta, se necesita mucha práctica para no derramar el plomo en tanta cantidad que corra por las dos entradas del espacio anular, dejando encerrada cierta cantidad de aire; por esto, hasta tanto que los operarios adquieran esta práctica, y por regla general siempre, se deberá dividir el espacio que queda en la parte superior, ó sea la cazoleta, por un pequeño tabique de arcilla que forme una salida independiente del punto por el cual se echa el plomo.

Una vez enfriado este se quita la arcilla y entonces se tiene otra prueba de si estaba ó no con el temple conveniente, pues en el primer caso la superficie que presenta es completamente lisa, al paso que en el segundo tendrá bastantes hoquedades en unos puntos, mientras que en otros habrá rebosado el metal.

Después de quitada la arcilla, se ataca el plomo con un martillo y un instrumento de la forma representada en la figura 7, hasta que quede perfectamente comprimido. Según varias observaciones resulta que en el enchufe de cada tubo de los empleados en los sifones del Guadalix entran 3 arrobas y 2 onzas ó 34^k,62 de plomo por término medio.

Después de construido el sifon, y cuando está funcionando, podrá suceder, aunque no es probable, que algun tubo se rompa, produciendo una interrupcion en el servicio. Para reparar esta avería es preciso empezar por dejar en seco el sifon, lo que se consigue cerrando las compuertas correspondientes en las casas de toma de aguas y de salida, de modo que no pueda entrar mas, y abriendo después la llave correspondiente al mismo sifon en la casa de desagüe.

Cuando se encuentre ya sin agua, y se haya visto cual es el tubo roto, se reparará de la manera siguiente.

Cualquiera que sea el lugar que ocupe en el sifon, se encontrará por un lado, como sabemos, enchufado con el inmediato anterior, y en el otro con el posterior conforme se vé en la figura 8. Desde luego se observa la imposibilidad de sacar de una vez el tubo roto y reemplazarlo por otro, por que esto exigiria mover todos los de la fila á que pertenece. Para evitar este grave inconveniente, lo que se hace es serrar toda la parte rota, que supondremos sea la comprendida entre las dos lineas de puntos, y se sustituye con un corto tubo llamado *manguito*, cuyo diámetro interior sea algo mayor que el exterior de *a* (fig. 8) y de una longitud mayor que la parte que hemos quitado.

Como esta nueva pieza es mayor que el hueco que queda, claro es que no puede introducirse entre *b* y *a*. Para conseguirlo se quita el plomo y la filástica que une á los dos tubos *a* y *B*, y el *a* queda entonces completamente libre; se le saca de su enchufe, se introduce despues el *manguito* de manera que envuelva la parte *b*, y se le coloca en la posicion *a' b' c' d'* (fig. 9). Una vez puesto en este sitio se coloca la pieza *a* en el lugar que antes ocupaba, pues nada hay que pueda impedirselo. Se enchufa con cuidado de la manera que antes hemos explicado, y cuando *a* y *B* estan intimamente unidos se hace correr el manguito hasta que ocupe la posicion *C*. Una vez colocado este, se unen sus dos extremos con las partes *a*, *b* por medio de la filástica y el plomo.

Ha de tenerse presente que por muy esmerado que sea el enchufe no se podrá impedir que en la primera prueba se escape alguna cantidad de agua por las uniones de los tubos; esto sin embargo no debe alarmar, pues la esperiencia ha demostrado que á las pocas horas la union queda herméticamente cerrada, á causa de que la filástica al empaparse en agua aumenta de volumen y obstruye completamente la salida.

En la práctica, no solo se hallan sólidamente empotrados los extremos de la tuberia en la fábrica, sino que hay puntos interme-

dios sujetos tambien por las condiciones de la construccion á estar constantemente fijos. De aqui resulta que los pequeños movimientos que habrán de verificarse en cada tubo del sifon por el asiento del terreno y la accion del calor, vendrán á sumarse en el punto de union con el que se halla invariablemente fijo en la estremitad, el cual no pudiendo seguir á los demas podrá deslizar en su enchufe lo bastante para interrumpir la continuidad de la cañeria. Para prevenir este efecto se han reunido los tubos fijos en la fábrica con el resto de la fila por medio de un manguito bastante largo que abraza sus estremidades.

Cuando el sifon se ha terminado, las causas de movimiento que hemos espuesto han tenido tiempo de ejercer su accion, á lo cual se presta perfectamente la disposicion del manguito, dentro del cual desliza la estremidad de la fila de tubos todo lo que exija el asiento del terreno. Solo queda despues asegurar las uniones de los tubos con el manguito por medio de la filástica y el plomo.

Despues de enchufada y probada la cañeria se cubre de una capa de tierra de un metro al menos de espesor, bien arreglada y apisonada, cuyo principal objeto es defender los tubos de las variaciones de temperatura y las influencias atmosféricas, asi como de las averias que pudieran ocasionarles su esposicion á toda clase de agentes exteriores.

Obras de fábrica y mecanismos.

Falta ahora hablar de las obras de fábrica necesarias en todo sifon, para contener los aparatos que han de facilitar la distribución del agua y el reconocimiento de los tubos.

En el punto de entrada del agua debe haber necesariamente un medio de dársela ó no en los tubos, para lo que es menester una salida independiente del sifon y por la cual pueda dejarse correr interin sea preciso tenerlos en seco. Esto se consigue por medio de compuertas de precision, y con una almenara ó sea una salida en uno de los lados del canal por la que pueda salir el agua cuando se cierran las compuertas.

En el canal de Isabel II se han arreglado las compuertas de modo que permiten la entrada del agua en cada una de las cuatro filas con entera independendencia de las demas, y á este efecto, el Canal en su parte descubierta, al llegar al sifon, se divide en dos por medio de una pila con su tajamar, en la cual hay unas ranuras para colocar dos órdenes de viguetas, cuyo espacio intermedio, relleno de arcilla, constituye un dique que sirve para impedir completamente la llegada del agua á una cualquiera de estas dos divisiones. Los dos tubos que corresponden á cada una de ellas estan separados por medio de otra pequeña pila con la cual se deja totalmente independendiente la entrada en cada uno de ellos.

Cada uno de los sifones se cierra con una compuerta de fundición dividida en dos para su mas fácil manejo y se ponen en movimiento con la mayor sencillez desde la parte superior por medio de un husillo que se introduce en una tuerca muy resistente.

Se han construido casillas que resguardan estos mecanismos, por que hubiera tenido muchos inconvenientes dejar á descubierto todo este sistema. En el muro que corresponde al lado de los sifones se hallan empotrados los primeros tubos de ca-

da una de las filas, y para el muro opuesto, que corresponde al vano del Canal, se han volteado dos arcos, aprovechando la pila que sirve para dividir las aguas, los cuales constituyen un verdadero puente sobre el que se ha elevado el muro de fachada.

De la salida del agua puede decirse lo mismo que de la entrada, por consiguiente los aparatos y obras que necesita son los mismos; solo que se suprimen en esta parte las almenaras.

Las figuras 10, 11, 12, 13 y 14 representan la casilla de compuertas del sifon del Guadalix y muestran con toda claridad cuanto hemos dicho anteriormente.

Vése como se puede cerrar la comunicacion del Canal con los tubos; pero para remediar cualquier averia en los sifones falta aun dar salida al agua contenida en ellos: esto se hace en el punto mas bajo por medio de tubos de desagüe cerrados herméticamente, cada uno de los cuales corresponde á una fila. El agua naturalmente acarrea cierta cantidad de sedimento que al cabo de un tiempo mayor ó menor produce en el punto mas bajo un depósito que podrá llegar á ser estorbo al paso del agua, y este es otro motivo que obliga á darle salida de tiempo en tiempo con el objeto de que arrastre afuera este depósito que puede haberse formado en el fondo.

Con el fin de reconocer los sifones interiormente se han dispuesto las *escotillas* en uno de los tubos inferiores: estas consisten en un reborde ó tubo muy corto al cual se atornilla una fuerte placa. Cuando se deja en seco el sifon se levanta esta y se tiene una entrada para reconocer el interior. Llevan ademas los sifones un aparato destinado á atenuar el efecto de los choques que necesariamente deben producirse cuando se llenan y se vacian. Es evidente que bajo esa considerable presion cualquier movimiento produciria una trepidacion, que muy pronto influiria en las buenas condiciones de la obra sino se cuidase de amortiguarla por

medio de un resorte que ceda á estos aumentos de presión y recobre su volúmen cuando disminuya.

Esto se obtiene en los sifones del Canal atornillando sobre uno de los tubos inferiores una especie de gran probeta ó sea un cilindro cerrado por su parte superior y en el que, á la entrada del agua, queda encerrada una cierta cantidad de aire que por su elasticidad produce el efecto de un resorte. Se debe tener presente que este estado no subsistirá indefinidamente, puesto que disolviendo sucesivamente el agua la cantidad de aire encerrada en la probeta podría llegar á hacerla desaparecer, lo cual es un nuevo motivo para vaciar alguna vez los sifones á fin de que se puedan volver á llenar las probetas. Para comprender mas claramente estos mecanismos pueden verse las figuras 15, 16, 17 y 18 que representan la casa de desagüe del sifon del Guadalix.

Todos estos mecanismos empleados para la seguridad de los sifones y para la comodidad de su servicio se hallan situados en los puntos mas bajos y como son por lo general barrancos ó valles en que corren arroyos, es preciso estudiar el modo de disponerlos para que sean eficaces aun en el caso de avenidas.

Dos medios hay para poder hacer el desagüe en cualquier circunstancia. Uno de ellos consiste en seguir el sifon enterrándolo por debajo del fondo del valle de modo que no sea perjudicado por el paso del agua. En este caso los tubos de desagüe que naturalmente se hallan inferiores al sifon se reunen en una pequeña galería ó alcantarilla por la cual se conduce el agua con el menor desnivel posible hasta que vaya á ganar el fondo del valle.

El otro medio consiste en construir un puente que permita el paso de las aguas, y sobre el cual se colocan los sifones. En este puente se han de hallar los aparatos que hemos descrito.

La aplicación de cada uno de estos medios depende exclusivamente de las circunstancias del terreno y de la economía que puedan producir. En el Canal de Isabel II se han construido por el



primer método el sifon del Bodonal , y por el segundo los de Malacuera , Morenillo y Guadalix.

Comparacion de los sifones con los puentes acueductos.

El motivo principal de la construccion de los sifones en lugar de los puentes acueductos , es la economía de tiempo y de dinero, cosas ambas de importancia suma en las obras.

La economía material que resulta de reemplazar con sifones los puentes acueductos , no se puede fijar sin tener en cuenta varias circunstancias que en cada caso varían de una manera extraordinaria , hasta el punto de haber ciertos parajes para los cuales podria construirse un acueducto con mas economía que el sifon que llenase el mismo objeto. En efecto , hay en los sifones una cantidad de obra constante para todos los de una misma conduccion , ya tengan mucha ó poca longitud , que son las casas de entrada, salida y desagüe, y se concibe que si el valle que se quiere salvar es pequeño , el acueducto que en él se construyese podria tal vez costar menos que las obras que , segun hemos dicho, son indispensables al sifon.

Hay tambien que tener en cuenta que para una misma cuenca , el sifon y el acueducto que en ella se construyan tienen una parte comun que es el verdadero puente para dar paso á las aguas que por ella corran , y por consiguiente las cantidades que hay que comparar entre sí son , el coste del sifon y las casas mencionadas , con la diferencia entre los gastos que se harian para construir el acueducto y el puente sifon. De manera que , llamando m al valor de los sifones puestos en obra con todos sus mecanismos,

n al coste de las casas de entrada, salida y desagüe,

p los gastos que se harian para construir el puente sifon,

q el valor del acueducto construido en el mismo punto, se veria si

$$m+n \begin{matrix} > \\ = \\ < \end{matrix} q-p$$

Para los casos en que no hay necesidad de construir puente sifon, la relacion anterior se convierte en

$$m+n+p' \begin{matrix} < \\ = \\ > \end{matrix} q$$

siendo p' el coste de la alcantarilla de desagüe del sifon.

El cálculo preciso de estas espresiones es tan dificil como formar presupuestos exactos, pero esto importa poco, porque lo que se trata de buscar son grandes diferencias en el coste de las dos obras que pueden proyectarse para un mismo punto, y para solo este objeto lo mismo se puede hacer de una manera aproximada. En muchos casos se prescinde de estas consideraciones, pues en llegando á cierto límite la magnitud de los valles que hay que salvar, la razon sola dicta que la grande economia se encuentra en los sifones.

Como un ejemplo de las consideraciones espuestas, vamos á comparar el coste de los sifones colocados en el Guadalix con el del acueducto que podia haber hecho el mismo servicio.

Dicho coste ha sido el siguiente:

	Rs. vn.	TOTAL. Rs. vn.
Movimiento de tierras. {	Esplanacion para el asiento. 52048 {	52272
	Terraplen de abrigo. 20224 {	
Obras de fábrica. {	Puente sifon. 599866 {	699552
	Dos casas de compuertas. 201650 {	
	Casa de desagüe. 98056 {	
Obras accesorias.		24717
Tubería, llaves, com- puertas, etc., y su colocacion en obra. {	Pagado en metálico. 1051820 {	1559700
	Pagado en agua, á razon de un real fontanero por cada 8000 reales de vellon. 527880 {	
TOTAL.		2356241

El metro lineal de acueducto no hubiera bajado de 24000 reales atendiendo á lo que han costado los que están á corta distancia del que nos ocupa y tienen una altura menor que la mitad de la que aquel hubiera tenido. Siendo la abertura del valle de 295 metros, el coste total de esta obra hubiera sido de unos 7 millones de reales ó sea mas de tres veces el del sifon.

Al par que hagamos presentes las ventajas de los sifones no debemos perder de vista su principal inconveniente, que consiste en la diferencia de nivel que debe haber entre las bocas de entrada y salida, desnivel indispensable segun hemos dicho por causa de las resistencias pasivas.

En las conducciones en que el desnivel es muy considerable, la circunstancia que hemos dicho no tiene importancia ninguna; pero en el caso actual, en que el desnivel total marcaba ya con toda precision la pendiente general del Canal, y en que el aumentarla en cualquier cantidad exigia el que se elevase á la misma altura la gran presa de dicho Canal, vemos que la economía que presentan los sifones se halla en parte compensada por esta circunstancia, y que el desnivel debe haberse hecho lo menor posible.

Las ventajas que bajo el punto de vista económico tienen los sifones sobre los acueductos, fueron ya conocidas por los constructores antiguos, que los usaron en bastante número de casos, porque si bien en el día los adelantos hechos en la fabricación de los metales han facilitado la construcción de tubos de grandes diámetros, lo cual ha desarrollado su uso en grande escala, se encuentran también restos de sifones construidos por los romanos para abastecer de agua algunas poblaciones, y en las provincias meridionales de España los hay del mismo modo construidos por los moros, que dan paso á grandes cantidades de agua para el riego.

Torrelaguna 1.º de setiembre de 1857.



Los vestales que bajo el punto de vista geográfico tienen los mismos rasgos que los sacerdotes, fueron ya conocidos por los conquistadores antiguos, que los trajeron en algunas ocasiones a sus casas, porque si bien en el día los vestales hechos en la fabrica de los metales han facilitado la conservación de tubos de grandes diámetros, lo cual ha desarrollado un uso especial en esta se encuentran también vestales de otros construidos por los romanos para abastecer de agua algunas poblaciones. En las provincias meridionales de España los hay del mismo modo, y a veces por los muros, que dan paso a grandes cantidades de agua para el riego.

En el año 1827, el señor don Juan de Alarcón, viajando por el interior de España, descubrió en el valle de Aranda, cerca de la villa de Aranda de Duero, un vestal de gran tamaño, que se conserva en el Museo de Historia Natural de Madrid. Este vestal, que se conserva en el Museo de Historia Natural de Madrid, es de gran tamaño, y se conserva en el Museo de Historia Natural de Madrid. Este vestal, que se conserva en el Museo de Historia Natural de Madrid, es de gran tamaño, y se conserva en el Museo de Historia Natural de Madrid.

En el año 1827, el señor don Juan de Alarcón, viajando por el interior de España, descubrió en el valle de Aranda, cerca de la villa de Aranda de Duero, un vestal de gran tamaño, que se conserva en el Museo de Historia Natural de Madrid. Este vestal, que se conserva en el Museo de Historia Natural de Madrid, es de gran tamaño, y se conserva en el Museo de Historia Natural de Madrid.

