

L. B. ...

B.P. de Soria



1055336
SS-D 206

SS-D

206

ESCUELA ESPECIAL DE INGENIEROS
DE
CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Resumen

de las conferencias dadas por

D. ANTONIO SONNER

PROFESOR DE LA
ASIGNATURA

INGENIERÍA SANITARIA
RIOS, CANALES Y PANTANOS

DURANTE

EL CURSO ACADÉMICO 1915-16

2ª EDICIÓN CORREGIDA

BIBLIOTECA PUBLICA DE SORIA
SECCION DE ESTUDIOS LOCALES

108226

MADRID-1919
LITOGRAFIA DE F. VILLAGRASA
ESTRELLA, 14

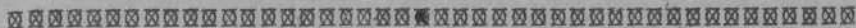
REPUBLICA PUBLICA DE SOVIET
SECCION DE ESTUDIOS COALES

XX

P R Ó L O G O

Una finalidad se persigue al publicar las conferencias contenidas en este libro, como la persigue todo el que trata de realizar o llevar a cabo una obra cualquiera, y esta finalidad consiste en recopilar en un pequeño volumen la esencia de la interesante labor que el Sr. Sonier expone en sus explicaciones.

Si conseguimos nuestro propósito, podremos archivar en nuestra biblioteca, un volumen más que nos servirá como recuerdo de nuestros buenos tiempos de estudiantes y en el ejercicio de nuestra profesión, para orientarnos en los métodos que debemos seguir, a fin de planear con la mayor rapidez y seguridad de éxito posible, los problemas que se nos presenten y estén relacionados con las ideas que se exponen en esta asignatura.



Handwritten signature

P R Ó L O G O

Una finalidad se persigue al publicar las conferencias contenidas en este libro, como la persigue todo el que trata de realizar o llevar a cabo una obra cualquiera, y esta finalidad consiste en recopilar en un pequeño volumen la esencia de la interesante labor que el Sr. Sonier expone en sus explicaciones.

Si conseguimos nuestro propósito, podremos archivar en nuestra biblioteca, un volumen más que nos servirá como recuerdo de nuestros buenos tiempos de estudiantes y en el ejercicio de nuestra profesión, para orientarnos en los métodos que debemos seguir, a fin de planear con la mayor rapidez y seguridad de éxito posible, los problemas que se nos presenten y estén relacionados con las ideas que se exponen en esta asignatura.

DANES
-PICTA
-COPIA

R G B WH GR BL C M Y K

Grey Scale #13

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

Los taquígrafos y el litógrafo asumen toda la responsabilidad por los defectos que se observen en la publicación, ocasionados, naturalmente, por razones económicas.

Jacinto Gonzalez

Juan J. Gómez-Cordobés

XX

INGENIERIA SANITARIA

RIOS, CANALES Y PANTANOS

- I -

Como hemos de hablar mucho de los microbios, vamos a dar algunas ideas sobre estos seres de la creación.

Microbios o microorganismos, son organismos microscópicos que se desarrollan en medios diferentes y en condiciones también distintas, según las circunstancias que concurren en esos medios en que se aglomeran. Pero de los que nosotros vamos a hablar son solamente de los bacterios, entre los que se encuentran los gérmenes de muchas enfermedades infecciosas: son de estructura sencilla, constituidos por una célula, formada por una substancia llamada protoplasma, en-

vuelta en una membrana. Según unos, pertenecen al reino vegetal, pero los movimientos que en ellos se han observado, otros creen que son del reino animal. La opinión más corriente, actualmente, es la de que los movimientos de que están dotados, no son voluntarios, sino debidos a la acción del calor, electricidad, presiones osmóticas, etc. De acuerdo con esta opinión, nosotros los consideraremos como plantas y como tales se reproducen. Está probado hasta la saciedad, que no existe la generación espontánea y es preciso admitir la existencia de gérmenes que dan origen a los bacterios y estos gérmenes existen en el aire, en el agua y en la tierra.

FORMAS QUE PRESENTAN. Son variables y esto da lugar a que se los clasifique atendiendo a las formas que presentan, del siguiente modo:

1.º De formas redonda, ovoide, de elipsoide y se los designa con el nombre de Cocos. Tienen dimensiones pequeñísimas, por lo que se miden por micras (milésimas de milímetro) y su diámetro oscila entre 2 micras que tienen los mayores y un tercio de micra los más pequeños. Son transparentes y para poderlos ver hace falta cultivarlos y colorearlos.

2º: De formas alargadas, a los que se da el nombre de bacilos, Son cilíndricos, tienen por diámetro de su sección recta las mismas dimensiones de los anteriores y su longitud es 10 o 12 veces el diámetro. Los bacilos, como los cocos, no son de formas perfectamente regulares, sino que se aproximan a las formas dichas.

3º: Los espirilos son alargados, como los bacilos, pero encorvados en forma de coma u otras análogas.

4º: Filmanetos ramificados.

Todos ellos son incoloros y para verlos al microscopio es preciso teñirlos.

Pueden ser aerobios y anaerobios, según que necesiten o no oxígeno para vivir, Finalmente, se llama aerobios facultativos, a los que viven lo mismo en el aire que en el agua.

Todos se reproducen por división y por esporos, que son como la semilla en las plantas. Un germen puede dar origen a muchos millones de microbios.

Para destruirlos se emplean antisépticos, de los que citaremos los más energícos.

Iyoduro de mercurio.

Yoduro de plata.

Agua, oxigenada.

Bicloruro de mercurio.

Nitrato de plata.

También pueden ser destruidos por la acción del calor. Las temperaturas elevadas los destruyen; en cambio las más bajas temperaturas solo paralizan su desarrollo. Hay una cierta temperatura llamada óptima, en la que mejor se desarrolla el bacterio, y ésta suele ser la del cuerpo humano, o sea 37° . De aquí hacia abajo se paraliza el desarrollo de los bacterios y para temperaturas superiores aumenta la fuerza vegetativa dejando de existir a los 42° , el del carbunco a los 45° y el del tífus a los 47° , pues a estas temperaturas comienza la desorganización de la materia. Existe un bacterio (bacilo) llamado termófilo, inofensivo, que soporta por excepción la elevada temperatura de 77° . Los esporos resisten temperaturas mucho más elevadas; el del carbunco, por ejemplo, resiste a 95° durante 10 minutos.

La esterilización completa se hace empleando temperaturas de 115° a 120° durante media hora. Esto solo puede obtenerse en recipientes cerrados, llamados autoclaves, en los que por el aumento de presión se consigue

e elevar la temperatura de ebullición del agua.

Existen bacterias que producen la putrefacción, y estos bacterios son de los aerobios y de los anaerobios. Los aerobios se encuentran en la superficie de los cuerpos y en aquellas partes de su interior que están en contacto con el aire. Estos son los que dan comienzo a la fermentación llamada putrefacción.

La putrefacción la producen los aerobios, tomando, asimilando el oxígeno del aire y como hay muchos de dichos bacterios, consumen todo el oxígeno. Es, pues, una combustión de la materia orgánica sin producción de malos olores, ya que solo se forman compuestos inorgánicos, como agua, anhídrido carbónico, anhídridos nitrosos, que luego dan lugar a nitritos y nitratos. Después comienza la descomposición anaeróbica, que no es ya combustión, sino que se producen compuestos orgánicos binarios y ternarios, más o menos complejos, en los que se disuelve la materia orgánica, con desprendimientos de gases inorgánicos, que dan mal olor, tal como el hidrógeno sulfurado.

Los bacterios se dividen también en

Ing.^a sanitaria 2

saprophytos ⁽¹⁾ y parásitos. Los primeros viven en la materia orgánica muerta. Hasta ahora no se sabe que produzcan ninguna acción perjudicial sobre los organismos vivos.

Los segundos viven sobre los organismos vivos y se llaman patógenos, porque son los que producen las enfermedades. Algunos patógenos viven en el agua, como los saprophytos y en cuanto llegan a un organismo, producen la infección.

Existen también parásitos que no son patógenos, sino necesarios para la vida. Son, por decirlo así, nuestros defensores contra los microbios patógenos.

Los patógenos que más nos interesan son tres, que viven y se desarrollan en el agua, produciendo las llamadas enfermedades hídricas. Estos son:

Bacillus typhosus, Eberth = Bacilo tífico, bacilo de Eberth.

Bacillus coli comunis, Escherich = Colibacilo (disentería, diarrea).

Spirillum cholerae, Koch: Vibrión colérico, cólera morbo asiático.

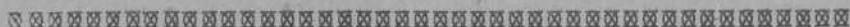
De estos bacterios tenemos que hablar muchas veces. Se propagan por el agua sin

(1) Especies banales.

que esto quiera decir que no se propaguen por el aire. El colibacilo produce la fiebre tifoidea, que no hay que confundir con el tifus exantemático; el primero es abdominal y el segundo se produce por inoculación en la sangre, por intermedio de los piojos, El colibacilo se desarrolla también en los intestinos, determinando las diarreas y disenterías.

El espirilo colérico, como su nombre indica, produce el cólera.

- - - - -



- I I -

HIGIENE DE LAS POBLACIONES.

El hombre tiene que vivir en sociedad y forma agrupaciones que deben reunir ciertas condiciones higiénicas. Los seres humanos producen residuos que son causas de enfermedades y la insalubridad de una de esas agrupaciones es tanto mayor, cuanto mayor es la aglomeración. La insalubridad de las poblaciones tiene mayores peligros, no cuando es más numerosa, sino cuando su densidad es mayor, entendiéndose por densidad de población, el número de habitantes que contiene por unidad de superficie (que generalmente se toma la hectárea). Esta densidad varía dentro de una misma población, según los distritos.

Un ejemplo de esta variabilidad es lo que sucede en Londres, en el que la densidad en los distintos barrios varía entre

2,5 y 1.000 por hectárea, siendo la densidad media 150 habitantes por hectárea. Una cosa análoga sucede en las demás poblaciones, cuyas cifras medias son: París 350 habitantes por hectárea, Berlín 320 y Madrid 300.

CAUSAS DE INSALUBRIDAD.

LOS RESÍDUOS Y BASURAS. Los residuos de los animales y las basuras, pueden contaminar el aire, la tierra y las aguas.

Se contamina el aire cuando se barre, el suelo cuando se extienden por él y las aguas cuando arrastran esos residuos y basuras o cuando corren por la superficie de terrenos contaminados. Si el terreno es permeable, las aguas contaminadas superficiales pueden contaminar las aguas subterráneas, que bien pudieran servir para abastecer determinados servicios de la población.

LA HABITACIÓN. Es causa de insalubridad, cuando no reúne las condiciones debidas.

LA ALIMENTACIÓN. Por sí misma la alimentación puede ser causa de insalubridad, cuando es inadecuada e insuficiente. Además, lo es también por los residuos que de ella derivan.

LOS ROZAMIENTOS O CONTACTOS. En la vida social son inevitables los rozamientos o contactos. En el tranvía, en la calle,

etc., puede contaminarse un individuo de otro que padezca una enfermedad contagiosa, siendo por estas causas enfermedades sociales, tales como la tuberculosis, la sífilis, etc. (1).

LOS ANIMALES. Caballos, perros, gatos, etc.

LAS BARREDURAS DE LAS CALLES.

EL COMERCIO Y LA INDUSTRIA.

Todos estos peligros es preciso evitarlos en lo posible en las poblaciones, siendo preciso para esto resolver los problemas que se presenten de orden técnico y económico, de los cuales unos corresponden al higienista y otros al Ingeniero que intervienen indirecta y directamente.

La base principal de la salubridad, es la limpieza personal y exterior. En la época actual han mejorado mucho las condiciones sanitarias de las poblaciones. En la Edad Media eran malísimas; se consideraba como pecado la limpieza y esto fué causa de que abundasen ciertas enfermedades contagiosas, que producían verdaderas catástrofes en las aglomeraciones urbanas.

(1) El alcoholismo produce también trastornos en el individuo y sus descendientes. Es mayor esta enfermedad cuanto más grande es la densidad de población.

CONSIDEREMOS EN PRIMER LUGAR EL MEDIO URBANO. Pocas veces se construye una población completamente nueva o de una vez. Lo corriente es que conste de diferentes partes, unas más modernas que otras. Las partes ya construidas, presentan determinadas condiciones de clima y de topografía, que no se pueden modificar completamente. Es evidente que el clima influye en la salud, pero no es causa de insalubridad ni el calor ni el frío, más que para las gentes que cambian de clima, pues poblaciones hay sanas en países fríos, como las hay también en países cálidos. Con los cambios de clima de frío a calor se sufre, a veces, la anemia tropical.

Los vientos y lluvias influyen en la salubridad y es interesante para nosotros ver cómo se realiza esta influencia.

Hay abastecimientos en los que se utilizan las aguas superficiales o de los ríos. Al llover, las aguas discurren por la superficie del terreno y al concurrir en la vaguada, produce una crecida del caudal del río que determina otra crecida microbiana, puesto que los patógenos que residen en el suelo al ser lavado por las aguas, arrastra esta gran cantidad de gérmenes infecciosos.

Una agua potable es mejor o peor, según el número de microorganismos que contiene por unidad de volumen, que generalmente es el centímetro cúbico.

Para hacer el análisis de las aguas, desde el punto de vista bacteriológico, se vierte un centímetro cúbico de agua en una capa de gelatina calentada previamente hasta hacerla líquida. Los bacterios quedan aprisionados en la gelatina, que es un medio excelente para su desarrollo y reproducción, en muy pocas horas. Como no pueden cambiar de posición, al reproducirse se forman agrupaciones o colonias, que se pueden contar perfectamente, viéndose así el número de ellas existentes en un centímetro cúbico. Las aguas de lluvia lavan las calles de los pueblos y terrenos, arrastrando gran número de bacterios, y haciendo entonces el experimento citado, se observa que la crecida del río lleva consigo otra crecida de microorganismos, que hacen las aguas de uso peligroso.

La naturaleza del terreno y su topografía influyen en la salubridad. Las aguas subterráneas o manantiales, llevan en disolución sustancias diversas, en proporciones también diferentes, según sea la composición mineralógica de los terrenos que atraviesan

en sus movimientos subterráneos. El terreno puede ser permeable o impermeable. Si es impermeable, como lo son los terrenos arcillosos, en épocas de lluvia absorbe una gran cantidad de agua que retiene en su masa y si un tal terreno sirve de asiento a una población, evidentemente resultará húmeda. Puede intervenir el Ingeniero y hacer permeables en cierto grado los terrenos que no lo son. Si el terreno es permeable y la capa de agua subterránea está profunda, la población que esté situada sobre él será seca, pero si la superficie freática está superficial, será húmeda y puede intervenir el Ingeniero al objeto de hacer bajar la capa freática en una cantidad determinada de antemano. El terreno ideal para asiento de una población, es el permeable con una capa impermeable no muy profunda.

Las aguas superficiales al filtrarse contaminan las aguas subterráneas. Se puede evitar esta contaminación, haciendo impermeable el suelo de las poblaciones, empleando el hormigón y el asfalto.

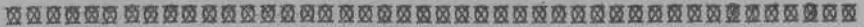
La topografía del terreno se puede modificar haciendo desmontes y terraplenes; se pueden sanear los puntos pantanosos, etc.

CIRCULACIÓN URBANA. Es causa de insa-

lubricidad por los accidentes que puede ocasionar el movimiento de vehículos en las calles. Hay peligro de adquirir enfermedades, por contacto directo de unos individuos con otros, y por contacto indirecto por intermedio de mosquitos, moscas, etc. En las calles hay gérmenes de origen intestinal y renal. En la calle se puede encontrar los tres gérmenes citados anteriormente. Los tíficos, aún después de curados, eliminan bacilos por la orina, lo mismo que los tuberculosos. Todos estos gérmenes caen en la vía pública, el calor y el aire los deseca y el viento los lleva a todas partes. Hay en la vía pública patógenos de origen bucal: en la calle se escupe y en los esputos no solo se encuentran los gérmenes de la tuberculosis, sino que también se hallan los pneumococos gérmenes que producen la pulmonía, bronquitis, etc. Hay también en el aire gérmenes de origen cutáneo, como los de la viruela. El polvo de la calle es, pues, peligroso y está bien hecha la prohibición de escupir y hacer aguas en la vía pública. Cuando abunda la materia orgánica en la vía pública, se producen putrefacciones, con desprendimiento de malos olores. El aire puro aumenta las condiciones de defensa de los seres vivos contra los microbios: con

viene, por consiguiente, tener las ventanas abiertas siempre que la temperatura exterior lo permita, pero si hay malos olores y polvo en la atmósfera, no puede hacerse esa directa renovación del aire en las habitaciones y al respirar el aire viciado, se produce en nuestro organismo depresiones orgánicas y otras molestias. Es preciso, pues, tener muy limpias las calles, lo que puede conseguirse más o menos bien, según sean los afirmados.

-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-



- I I I -

Otra causa de la insalubridad en las aglomeraciones urbanas, en la habitación.

En la habitación permanecemos muchas horas al día y por consiguiente influye en la salud, haciéndose insalubre por falta de ventilación, humedad, falta de limpieza, la aglomeración excesiva y por las inmundicias.

El aire viciado puede producir la asfixia y aún cuando no se llegue ha este caso extremo, siempre se opone a que las funciones respiratorias se realicen con la debida normalidad, lo que determina en nuestro organismo depresiones y otras molestias que debilitan la resistencia de nuestro organismo contra la infección.⁽¹⁾ La calefac-

(1) La vitalidad disminuye, La tuberculosis toma peores caracteres, la mayoría de las veces, por la insalubridad de la habitación.

ción puede ser causa de insalubridad por lo que es conveniente elegir el sistema de calefacción menos perjudicial. El brasero es muy malo, pues consume el oxígeno de la habitación, a más de producir gases tóxicos, como el óxido de carbono, "anhidrido carbónico". Conviene que en la habitación la luz y el sol entren abundantemente, pues aparte de las acciones beneficiosas de tales elementos, es evidente que una habitación bien alumbrada puede limpiarse mejor que una oscura. Influye a más de la habitación, los grupos de habitaciones próximos, por los obstáculos que pueden ofrecer a la ventilación. Es conveniente echar fuera de las poblaciones las industrias que infectan el aire y dan malos olores, humos, etc. En donde hay humedad, resisten más los microbios.

La alimentación es causa de insalubridad, cuando es deficiente, irracional ⁽¹⁾ e inmoderada, puesto que un individuo que come poco o con exageración, si además la comida no reúne las debidas condiciones de calidad, etc., es evidente que no se sostendrá en condiciones normales, Esta causa no depende directamente del Ingeniero, pero si

(1) Esto ocurre con los niños y es causa de su gran mortalidad.

indirectamente, puesto que su misión es construir y conservar vías de comunicación que facilitan los transportes y hacen más económicos los alimentos.

Sin el agua no podríamos existir, y no solamente es de absoluta necesidad, sino que además es el elemento primordial en la higiene.

CONDICIONES QUE DEBE REUNIR EL AGUA SEGÚN EL USO QUE DE ELLA HA DE HACERSE ⁽¹⁾

El agua para beber, debe tener una temperatura agradable, su temperatura oscila entre 7° y 14° para que deje impresión de frescura. El agua fría puede producir congestiones pulmonares o trastornos intestinales que pueden ser causa de enfermedades. De 14° a 20° se considera como templada y a más de 20° resulta desagradable. El agua de manantial es fresca, por lo general, mientras que las aguas superficiales siguen las oscilaciones de la temperatura atmosférica. Otra condición importante es la pureza. No existe en la Naturaleza el agua químicamente pura, H_2O , sino que lleva siempre materias en suspensión o en disolución. Las aguas de ma-

(1) Lo primero que se aprecia son sus condiciones físicas, es decir, si es turbia o cristalina, incolora o con calor.

Plantas están, por lo general, muy mineralizadas que las que corren por la superficie. Las materias dichas pueden ser inertes como la arcilla, sales en disolución que producen efectos diferentes y algunas veces pueden ser perjudiciales para el organismo, substancias orgánicas vivas o muertas, etc. Se debe considerar la pureza del agua en sus dos aspectos: de pureza química y pureza biológica. La pureza química no se refiere a que el agua se halle exenta de las substancias citadas, sino que quiere decir que esas materias inertes, sales en disolución y substancias orgánicas, se encuentren en proporciones determinadas, de modo que no sean perjudiciales a la salud.

No todos los organismos resisten la misma cantidad de sales disueltas, si bien pueden aclimatarse y utilizar aguas que en un principio pudieran serle perjudiciales. (1) Esta consideración tiene también importancia al considerar los efectos económicos que pudieran producir; las aguas duras, por ejemplo, cortan el jabón y se tiene el incon-

(1) Son aguas duras las de 30° a 40° hidrotimétricos; aguas finas entre 2° y 3°. Sin embargo, se pueden aceptar para la bebida hasta cerca de 30 grados.

veniente económico de que se lava mal y se gasta mucho jabón; en las calderas son anti-económicas, por producir incrustaciones con todos sus inconvenientes.....

Sabemos que la materia orgánica comienza a desorganizarse bajo la acción de los aerobios, con producción de compuestos inorgánicos, como el amoniaco, el anhídrido carbónico y óxidos de nitrógeno que luego dan lugar a nitritos y nitratos, y después continua desorganizándose bajo la acción de la fermentación anaeróbica, en la que se producen compuestos orgánicos más o menos complicados. La materia orgánica desorganizada no es peligrosa en sí para el organismo, pero cuando el agua lleva mucha materia orgánica, puede ser indicio de existir contaminación y debemos considerarlas como sospechosas, pues son entonces campo abonado para el desarrollo microbiano patógeno. Es preciso, pues, que el agua no contenga cantidades exageradas de sales, cloruros, nitratos, nitritos, etc., ni de materia orgánica. Se considerará como sospechosa, cuando contenga más de un miligramo por litro de materia orgánica. (1)

(1) Cuando hay amoniaco abundante en el agua, es indicio de contaminación con subs-

La pureza biológica se refiere al número de seres organizados, animales o vegetales que contenga el agua. Se encuentran en el agua bacterias y otros seres más complejos que producen grandes trastornos en nuestro organismo, como son los gérmenes de la tenia y de las lombrices intestinales, (*Ascaris lombricoides*). Peor que éstos son otros organismos más sencillos, que son los que producen las enfermedades hídricas (difteria, cólera, fiebre tifoidea). Estos patógenos son de origen intestinal, por cuya razón, siempre que el agua se halle contaminada por materias fecales, llevan el colibacilo que aunque resista mal en el agua, puede dar lugar a epidemias. De estas enfermedades puede haber contagio directo, como por ejemplo, cuando se desecan materias fecales, los patógenos que contienen pueden ser transportados por el viento, las moscas, por las legumbres que se riegan con aguas contaminadas, etc. (1) .

Se ha comprobado que las epidemias

tancias fecales. Si hay nitritos y nitratos, también son indicio de contaminación por ser resultados de la descomposición de la materia orgánica.

(1) Otra enfermedad producida por el agua es la anemia de los mineros (anquilostomiasis).

coléricas se propagan por los rios en los pueblos de aguas abajo. El procedimiento de hervir el agua en época de epidemia es muy bueno, pues por la acción del calor mueren, como sabemos, todos los microbios. (60°). La fiebre tifoidea se propaga en igual forma, por la introducción del bacilo tífico en los intestinos, o por las ostras y otros moluscos que se comen crudos. Hay criaderos de ostras en los puertos en los puntos de desagüe de las alcantarillas de las poblaciones marítimas, en los que las aguas contienen gran cantidad de materia orgánica y pueden estar contaminadas.

También puede propagarse por la leche. Es frecuente que los lecheros bauticen la leche y su escrúpulo no llega al extremo de emplear para esta operación agua esterilizada, sino agua del arroyo o de cualquier grifo de que puedan disponer, sin tener en cuenta para nada el que pueda estar o no contaminada. Es más, aún suponiendo que los lecheros guarden todas las reglas higiénicas que el caso requiere y no bauticen la leche, como no van a emplear agua esterilizada para lavar las vasijas, puede muy bien suceder que el agua que empleen para el lavado esté contaminada. Puede propagarse también por fru-

tas y ensaladas, berros, lechugas, rábanos, fresas, y en general, por todo lo que se come crudo y se riega o lava con aguas contaminadas, que benefician por el abono que conducen.

Las epidemias surge, cuando están contaminadas las aguas de la distribución, habiéndose comprobado también que cuando se mejoran las condiciones de aquéllas, disminuye la mortalidad por fiebre tifoidea.

Esto en cuanto se refiere al agua como elemento de la nutrición. Pero el agua tiene otros muchos usos, como lo son el riego de las calles, servicio de incendios, fuentes ornamentales, baños públicos, etc. Para todos estos usos no es necesario que el agua tenga la pureza de las aguas potables, sino que puede ser de otra calidad inferior. Cuando tratemos de hacer un proyecto de aguas, hay que tener, pues, en cuenta, estas consideraciones. Puede suceder que el agua pura procedente de manantiales sea insuficiente en cantidad, para satisfacer a todas las necesidades impuestas por los servicios a que se la destina en las poblaciones, y como para beber es preciso que sea de la mejor calidad, se recurre en los casos en que esto sucede, a la doble distribución,

que consiste en establecer dos distribuciones, de las cuales una se destina a la conducción de las aguas de los manantiales, para surtir a la población de agua potable, y la otra a la conducción de otras aguas que existen en la localidad de inferior calidad, pero en cantidad suficiente para llenar las necesidades de la higiene particular y de la higiene pública.

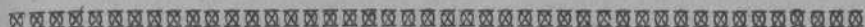
--:--:--:--:--:--:--:--:--:--

NOTA.

Antes, con el servicio de aguadores, costaba el agua 10 reales el m³. Hoy viene a costar 0,30 pesetas el m³.

OTRA.

En Madrid se utilizan unos 150.000 m³ diarios.



- I V -

Otra causa de insalubridad, sabemos que es la acción de los seres vivos, entre sí. Estos influyen en el medio en que viven, tomando oxígeno por los residuos que eliminan, y por otras causas que nos interesan poco. El hombre perjudica a sus semejantes hasta después de muerto. Los animales despiden deyecciones y en particular los domésticos son insalubres además por el contacto que tienen con el hombre, puesto que tienen parásitos, que puede adquirir. Del cerdo podemos adquirir la triquina y la tenia, y de las vacas la tuberculosis por intermedio de la leche ⁽¹⁾ y lo mismo podemos decir de los perros, gatos, loros, etc., que transmiten enfermedades por los parásitos.

Las inmundicias, residuos o basuras,

⁽¹⁾ El carbuncho, por la carne.

son otra causa de insalubridad. En el campo son menos molestas y se aprovechan para la agricultura, echándolas en puntos que no fastidien y en donde el sol y el aire dificultan el desarrollo microbiano. En las poblaciones, lo que estorba en las casas no se puede arrojar a cualquier parte. ⁽¹⁾ porque esas basuras encierran gran cantidad de patógenos que se conservan mucho tiempo, constituyendo un serio peligro desde el momento en que se contaminasen el aire y el agua. Pero no solo es esto, sino que además contienen gran cantidad de materia orgánica que puede entrar en putrefacción, produciendo malos olores, en cuyo caso ya no son solo perjudiciales, sino también molestas. Es preciso, por consiguiente, que las inmundicias y basuras se alejen rápidamente de la casa y de la población.

Las deyecciones del hombre y de los animales, las aguas sucias que proceden de lluvias, del riego de las calles, de alcantarillas, de industrias y de toda clase de limpieza, las basuras caseras y de las calles, los cadáveres de seres humanos y animales, deben alejarse rápidamente.

⁽¹⁾ Antes se hacía previo el llagua va!

Los excrementos humanos que puede eliminar una persona, se calculan en 500 kilos anuales y en 80.000 el número de gérmenes y miligramo, al salir del intestino. La orina sufre una fermentación amoniacal rápida y contiene gran número de gérmenes patógenos, (1) De estas consideraciones se deduce, que tales deyecciones no deben depositarse en la vía pública, por cuya razón es preciso que abunden en las calles los urinarios y los kioskos de necesidad.

Las deyecciones de los animales, como las humanas mezcladas con paja, producen el estiércol, de gran utilidad para el abono de los campos, pero en las poblaciones son también muy perjudiciales y los peligros que encierran análogos. A pesar de estos peligros, no se puede evitar en absoluto que vayan a la calle, peligros que aumentan las moscas, depositando sus huevos en tales deyecciones, en las que se desarrollan considerablemente.

Las aguas caseras de la cocina son grasientas y llevan mucha materia orgánica, las que proceden de los lavabos y del lava-

(1) La desecación es un medio de aseptización de estas materias.

do de ropas, las de fregar los suelos, pueden cargarse todas de gérmenes y ser causa de enfermedades y malos olores.

Las aguas de la calle proceden de lluvias o del riego y como en la vía pública hay contaminación, las citadas aguas al correr por el pavimento, lavan el suelo y arrastran gérmenes que las contaminan, por lo que al llegar al río donde desembocan o al filtrarse, si el terreno es permeable, pueden contaminar las aguas superficiales y las subterráneas.

Las aguas industriales son de composición variable, según la industria de que procedan; unas salen cargadas de materia orgánica (Mataderos) y otras de sustancias químicas. Todas estas aguas se reúnen en grupo, designándolo con el nombre de aguas de alcantarillas.

Las basuras caseras contienen inmundicias sólidas de distintas clases: residuos de cocina muy putrescibles, cenizas, cascotes de plato, barreduras, polvo con gran cantidad de gérmenes patógenos, papeles, corchos, objetos metálicos, residuos de pequeñas industrias, restos de curas de enfermos, etc. Se calcula en 1 kilogramo, las basuras que se producen por habitación y día. El mejor pro-

cedimiento sería quemar esos residuos. Es preciso sacarlos diariamente de casa y en la calle no se pueden dejar, sino que como ya hemos indicado deben alejarse de la población, operación que realizan los carros de la basura. Las basuras de las calles suelen contener deyecciones de animales, polvo de la calle, etc. Los cadáveres de animales no se deben tirar a la calle, se les debe sacar cuanto antes de la población, lo mismo que los cadáveres humanos y depositarlos en terreno que no sea permeable, pues el agua de lluvia al filtrarse podría contaminar las aguas subterráneas. El procedimiento ideal sería el de la cremación.

Los cementerios deben situarse en puntos lejanos de la población, a 1 kilómetro aproximadamente, si se tiene en cuenta la antigua teoría de que los miasmas contienen gérmenes peligrosos, pero esto hoy día no tiene importancia, por haberse visto que no llevan gérmenes los miasmas. Deben ser lo suficientemente grandes para que no se llenen pronto y haya que remover los cadáveres para hacer nuevos enterramientos. (1)

(1) Generalmente se proyectan para que no haya necesidad de remover los restos en 20 años.

Al elegir punto para el establecimiento de un cementerio, debe tenerse en cuenta la naturaleza del terreno, escogiendo los que favorezcan la putrefacción cadavérica, y no se contaminen las aguas subterráneas. Aún cuando sea indispensable que estén lejos de la población, deben estar separados de la misma. Antes se enterraba en las iglesias y había más mortalidad por las epidemias que se desarrollaban.

Todas estas basuras e inmundicias hay que evacuarlas a diario para tener limpias las habitaciones y las calles, pues de la curiosidad de las poblaciones depende su mortalidad, entendiéndose por tal, el número de defunciones anuales por millar de habitantes. Antiguamente la limpieza estaba muy descuidada y las epidemias eran frecuentes, así como la mortalidad mayor.

En las poblaciones en que la mortalidad llegaba a 70 por 1.000, se ha corregido hasta llegar a 15 o 16 por 1.000, mejorando constantemente la limpieza. Antiguamente en Madrid era de 42 y en la actualidad no pasa de 22 por 1.000.

La industria y el comercio son causa de insalubridad por los residuos e inmundicias que desprenden. Los humos y los gases

pueden ser perjudiciales por ser tóxicos. Los transportes son también perjudiciales ya sean marítimos o terrestres, puesto que lo mismo los viajeros que las mercancías pueden transportar gérmenes de lugares infectados a otros que no lo estén.

En las basuras de las industrias y del comercio, puede haber materias orgánicas e inertes, como por ejemplo, polvo de carbón, anhídrido sulfuroso, anhídrido carbónico y óxido de carbono. El anhídrido sulfuroso al combinarse con el oxígeno del aire y el agua produce ácido sulfúrico que luego es arrastrado y llevado en disolución por el agua de lluvia. Estos compuestos pueden influir en la limpidez de la atmósfera y por consiguiente deben alejarse de la población las fábricas y chimeneas que los producen. De algunas industrias se desprenden polvos de carbón, de yeso, y algunas veces metálicos que pueden ser tóxicos y llevar gérmenes patógenos, a más de producir malos olores y obligar a los habitantes de las proximidades a tener las ventanas cerradas en perjuicio de la ventilación y por consiguiente de la salud de los mismos. Algunas industrias producen ruidos que resultan molestos para los vecinos.

El comercio transporta objetos que pueden llevar gérmenes de enfermedades infecciosas. En una fábrica de muñecas, por ejemplo, las operarias pueden llevar el germen de la viruela, y al trabajar en la confección de estos productos pueden contaminarlos. El comercio los expende en diferentes plazas y las muñecas infectadas desde su fabricación propagan la infección.

MEDIOS DE DEFENSA Y MEDIDAS DE SANEAMIENTO. Hay medidas técnicas y medidas administrativas o legislativas. Los técnicos son los que establecen las reglas higiénicas que deben observarse y los legisladores ponen en vigor esas reglas, empleando la fuerza coactiva para hacer que se cumplan. Para establecer las primeras, contribuyen dos clases de técnicos que son los higienistas y los Ingenieros, siendo los últimos los que proponen las medidas de saneamiento. Después el Ayuntamiento o la Diputación las ponen en vigor, sacrificando el interés particular ante el interés general en beneficio de todos y principalmente del pobre.

MEDIO URBANO. No se puede modificar por completo el clima y la topografía de las poblaciones, pero se puede hacer el saneamien-

to del suelo, haciendo desmontes y terraplenes, desecando charcas, etc. Respecto a la circulación urbana, se aminoran los peligros, reglamentando la velocidad y la dirección que deben llevar los vehículos en la vía pública. En Madrid está ordenado que los vehículos lleven la izquierda y los transeúntos la derecha, con lo que los últimos ven en su marcha todos los coches que pudieran atropellarlos, y viceversa, los cocheros ven perfectamente a todos los peatones que pudieran ser causa de atropellos. Las aceras deben ser amplias para comodidad del tránsito y también por razones económicas, pues el pavimento de las aceras es más barato que el afirmado de la calle y su conservación también lo es. Se demuestra tener muy poco sentido común, al dejar la calle muy ancha y las aceras estrechas, pues en general en una tal calle el tránsito de carruajes no será el que corresponda a su amplitud y los peatones se molestarán unos con otros en su marcha, teniendo en muchas ocasiones necesidad de andar por el arroyo, arriesgándose a ser atropellados. Esto es lo que sucede en muchas calles de Madrid, cuyo tránsito no exige más de dos vías y cuya amplitud es la de una de tres, cuatro o más vías, siendo en cambio la

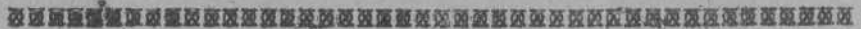
aceras tan estrechas, que constantemente se hace preciso pisar por el afirmado de la calle. En un tal caso, las aceras deben hacerse tan amplias como sea preciso para comodidad del tránsito de peatones, sin más limitación que la de dejar para el tránsito de carruajes 2,5 metros por vía o sea 5 m.

En las calles anchas se deben poner refugios en el centro, como lo están en la calle de Alcalá y muchas precauciones en los cruces de calles de gran circulación. El remedio contra las contaminaciones en la vía pública más adecuado, consiste en educar al público estableciendo prohibiciones y multas. Para evitar que las calles estén sucias, es conveniente que estén bien alumbradas por la noche, que no tengan rincones, que tengan muchos urinarios y limpiar mucho. En muchas poblaciones se prohíbe sacudir las alfombras por los balcones y escupir en la calle. El barrido de las habitaciones debe hacerse para adentro y no como suele hacerse, con perjuicio de los que van por la calle. El barro y el polvo se disminuyen con un buen afirmado, pues la limpieza se realiza en mejores condiciones; la piedra partida de las carreteras produce mucho polvo, el asfalto muy poco, el adoquín algo más. Además, con un

buen afirmado, la contaminación de las aguas subterráneas es menos de temer.

Al hacer un afirmado en las poblaciones, hay que tener en cuenta condiciones higiénicas y condiciones económicas, que generalmente están en contraposición, dándose preferencia a las económicas. Las condiciones higiénicas que debe reunir un buen afirmado son: impermeabilidad, forma de fácil salida del agua, debe ser de materiales no putrescibles, superficie lisa para que la limpieza se realice bien, debe ser también resistente al desgaste para que no se haga mucho polvo y hacer poco ruido al transitar los carruajes. Como hemos dicho se atiende más a la cuestión económica, aunque debiera atenderse más a la higiene.

-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-



ESTUDIO Y COMPARACIÓN DE LOS DISTINTOS SISTEMAS DE AFIRMADO QUE SE EMPLEAN EN LA VIA PÚBLICA.

ASFALTO. Es el mejor de los afirmados desde el punto de vista higiénico, puesto que es impermeable, se extiende sobre una capa continúa de hormigón, es liso y suave para el tránsito, fácil de lavar y de barrer y los vehículos que marchan sobre él no producen ruido; es, pues, el pavimento ideal para las poblaciones. Hay asfalto comprimido y fundido, de los cuales el primero es el mejor y el segundo es difícil de conservar en todos aquellos sitios que presentan juntas, tales como las que existen en las proximidades de los carriles de los travías. Apesar de ser tan excelente este afirmado, tiene el inconveniente de no poderse aplicar a todas las calles, pues cuando la pendiente

te es grande, es peligroso si hay humedad, por el lodillo que se forma, inconveniente que se puede evitar lavándole o echando arena. Tiene también el inconveniente de ser muy caro y como los Municipios tienen siempre muy en cuenta la cuestión económica, esto hace que no se extiendan.

ENTARUGADO. Este sistema de pavimento está constituido por tarugos de madera, de forma paralelepípedica, que se colocan en hiladas normales al eje de la calle con las juntas alternadas. Para evitar deslizamientos, se pone un listoncito en las partes laterales de cada tarugo, con lo que quedan separados unos de otros por el espacio de un centímetro que se rellena con arena. Se hace el asiento de los tarugos sobre una capa de hormigón, como el anterior. Este afirmado es bueno mientras es nuevo, pero es menos higiénico, pues la humedad y las orinas de los caballos impregnan la madera de los tarugos. Es de difícil conservación pues en cuanto se rompe un tarugo a los contiguos les sucede lo propio y se forman baches que perjudican a la buena circulación y dificultan la limpieza. Puede decirse que este afirmado se ha desechado.

ADOQUINADO. Es el más generalizado

Ing.^a Sanitaria 6

de todos los afirmados, aunque menos higiénico que el asfalto por el hecho de tener juntas, pero si el adoquín está bien labrado y es de buen material, las juntas pueden hacerse bien, con lo que se reduce al mínimo el inconveniente que de esto resulta y el lavado puede efectuarse perfectamente, por lo que se prefiere después del asfalto. El desgaste de los adoquines se hace de una manera desigual, como consecuencia de lo cual se forman bombeos o baches más o menos acentuados. Cuando los adoquines son nuevos presentan una superficie plana que con el desgaste se convierte en convexa y si las huellas siguen la dirección en que se efectúa el tránsito de vehículos se forman los baches y acanaladuras citados, que dificultan el tránsito y la limpieza, y hacen que el molesto ruido producido por el tránsito de vehículos sea mucho mayor que cuando el afirmado está recién hecho.

Es preciso, pues, evitar en lo posible la formación de baches y por esto es por lo que se ponen las hiladas normales al eje de la calle. Puede ocurrir que haya un cruce de calles y en estos cruces debe procurarse que cualquiera que sea la dirección que tome un vehículo, no encuentre hiladas para-

lelas a esa dirección, sino que debe cortarlas normalmente y en el caso más desfavorable con cierta oblicuidad. Esto es lo que representan las figuras 1 y 2, cruce y encuentro de dos calles respectivamente.

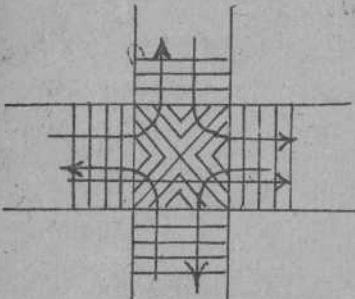


Fig. 1

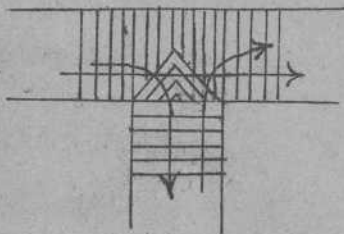


Fig. 2

EMPEDRADO. Este afirmado reúne malas condiciones tanto para la higiene como para el tránsito, pues no se puede lavar ni barrer bien y se necesita un mayor esfuerzo de tracción a más de otros inconvenientes.

PIEDRA MACHACADA.

Se emplea por ser el más económico para el afirmado de las carreteras, pero nunca debe usarse dentro de las poblaciones, pues se desgasta y produce mucho polvo con todos sus inconvenientes. Puede usarse en paseos de coches, regándolos y barriéndolos bien. Para la conservación de este afirmado deben emplearse escobas y rodillos compresores; se repone el desgaste, echando piedra partida de 6 a 8 cm. de diámetro que se consolida

por medio del rodillo compresor. (1)

No basta construir bien el pavimento, sino que es preciso conservarlo y limpiarlo. El barrido de las calles debe hacerse diariamente con escobas de brazo, sin ocasionar molestias al vecindario, para lo cual es preferible la noche y esto es lo que se hace en muchas poblaciones en las que se barren las calles en las primeras horas de la madrugada. Teniendo buenos afirmados mejor que la escoba es el lavado, pero no todas las poblaciones pueden hacer el derroche de agua que esto supone, aparte de que no todas las calles están asfaltadas y las que lo están tienen paseos laterales sin enlosar por economía, paseos que es preciso barrer, pues el lavado los socavaría y arrastraría arenas a las alcantarillas, corriendo el riesgo de obstruirlas con el tiempo. (2) Es necesario que el barrido se haga sin polvo y esto se consigue regando no con mangas, sino por medio de regaderas de mano o por medio de regaderas montadas ya en carros o en automóvi-

(1) Hay medios para quitar el polvo; el mejor es el alquitranado.

(2) Hay países en que los tranvías llevan cubas regadoras que funcionan para regar cuando el vehículo marcha, a voluntad del conductor.

les. Hay máquinas que riegan y barren al mismo tiempo, pero además de ser caras, requieren buenos pavimentos. Todos estos servicios cuestan mucho a los Municipios y procuran barrer lo menos posible.

SANEAMIENTO DE LA HABITACIÓN. Es muy importante esta cuestión, por ser la habitación, en donde pasamos una gran parte del tiempo. La habitación debe ser de una capacidad determinada con arreglo a los buenos principios higiénicos, teniendo en cuenta las circunstancias que concurren en el destino que se la asigne. Debe estar limpia y aireada, no ser húmeda, tener agua abundante y buen servicio de evacuación. En la habitación no se pueden hacer cumplir los preceptos de la higiene con tanto rigor como en la vía pública, de aquí que la única medida que se pueda aplicar es la educación, sobre todo en la mujer. En la construcción de las casas se deben emplear materiales y disposiciones que favorezcan la limpieza; además debe haber una inspección sanitaria, sobre todo cuando se construyen y están desalquiladas. El estucado es más limpio que el papel, aunque hoy existen papeles que se pueden lavar. Para el suelo se debe emplear un pavimento liso, impermeable y continuo como el linoleum.

Para quitar el polvo deben emplearse las modernas máquinas de aspiración. Los demás medios no sirven más que para trasladar el polvo. Hemos dicho que la habitación no debe ser húmeda, y para evitarlo, el terreno debe ser permeable o de lo contrario se debe sanear el subsuelo. De la humedad de la atmósfera se preserva la habitación con buenas cubiertas y empleando para la construcción de los muros materiales que no absorban la humedad atmosférica, a más de emplear buenos cierres en los vanos. En el interior no conviene que el ambiente esté seco, pues de esto depende que a igualdad de temperatura se experimente sensación de frío o de calor.

VENTILACION. La ventilación y la luz son dos condiciones muy importantes. Debe procurarse hacer la renovación del aire sin establecer fuertes corrientes ⁽¹⁾ y esta ventilación puede hacerse abriendo las ventanas. Para que la luz sea abundante, es preciso hacer calles anchas, casas cuya altura sea proporcionada al ancho de la calle y patios bastantes grandes. Cuanto más anchas sean las calles, más se favorece la ventila-

(1) Velocidades de medio metro por segundo.

ción. En las casas, por hacerse vida sedentaria, la temperatura interior debe ser agradable, variando entre los 16° y los 19°. En los talleres donde se hacen trabajos corporales intensos, debe ser la temperatura algo inferior, 12° aproximadamente. En los dormitorios es más conveniente que haga frío que calor, debiendo oscilar la temperatura entre 8° y 12°. Todo esto solo puede conseguirse por medio de la calefacción artificial, debiendo elegirse como sistema ideal de calefacción la eléctrica, pero es muy cara y solo puede emplearse en aquellos sitios en que la energía eléctrica tenga un precio muy bajo. Se emplea actualmente el vapor de agua y el aire caliente. Siendo preferible el agua a los otros dos. Pero cuando no se puede disponer de estos sistemas de calefacción, es preciso recurrir al brasero y a la estufa. El brasero es muy malo, pues consume oxígeno, vicia el aire y hasta lo envenena por los gases tóxicos que desprende, de los que el peor o más tóxico es el óxido de carbono. Es mejor la estufa, pero no recomendable. La calefacción por gas es mala, y las chimeneas son aceptables pero resultan caras y producen mucho humo. Se puede asegurar la ventilación inyectando aire después de fil-

trado a través de algodón, y también se puede combinar la calefacción con la ventilación, empleando a la vez aparatos de refrigeración.

-:-:-:-:-:-:-:-:-:-:-

XX

- V I -

La ventilación en las poblaciones, es necesario asegurarla bien, cosa que es muy importante tener en cuenta, cuando se hacen proyectos de ensanches, pues rara vez se presenta ocasión de levantar una población completamente nueva. En estos proyectos de ensanche de poblaciones, los parques, jardines, plazas y patios deben ocupar una gran extensión de terreno, cosa que no se hacía antiguamente, por el hecho de estar las poblaciones en recintos amurallados y no se aventuraban a construir fuera de las murallas, razón por la cual la parte vieja de todas las poblaciones está formada por calles estrechas y mal orientadas. Hoy las poblaciones deben extenderse libremente, y la parte antigua de ellas se debe tender a que desaparezca, substituyéndola por calles anchas y plazas espaciosas.

Ing^a sanitaria 7

MODO DE AGRUPAR LAS CASAS EN LAS POBLACIONES. La mejor disposición que puede adoptarse, consiste en hacer las casas para una sola familia y rodearlas de jardín por todos los lados. Esto puede hacerse en los lugares en que el terreno es de poco coste, pues en aquellos en que el metro cuadrado cuesta 1.000 pesetas, se pagarían muy caros los jardines. (Figura 3). Disposiciones aná-

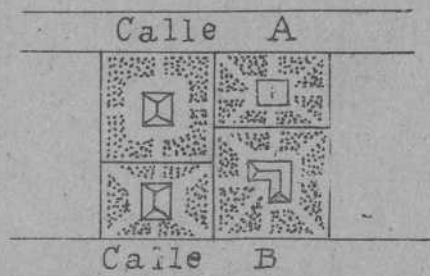


Fig. 3

logas pueden adoptarse poniendo en vez de una sola casa en medio de un jardín, dos casas adosadas, cuatro, etc. Como hemos dicho, esta manera de agrupar las casas no puede em-

plearse en las poblaciones, y buena prueba de ello es que en algunas se destruyen casas que tienen jardines y se aprovechan éstos como solares para nuevas construcciones, generalmente de muchos pisos, para poder obtener del capital empleado un interés aceptable. Otra disposición buena, que pudiera adoptarse en la construcción de casas, consiste en hacer jardines interiores, comprendidos entre las casas de una misma manzana que dan a calles conti-

guas y paralelas, pero esta disposición, como las anteriores, adolece del inconveniente que supone el necesitar mucho terreno.

TRAZADO DE LAS CALLES. Al hacer un trazado, de ensanche de una población, lo mejor y más cómodo, es disponer una serie de calles paralelas y otra también de calles paralelas pero que corten a las anteriores perpendicularmente, debiendo estudiarse muy bien las rasantes en el perfil longitudinal; pero este trazado tiene el inconveniente de que las distancias entre puntos extremos son largas, por los rodeos que se darían para ir de uno a otro de los puntos citados. Sin embargo, puede subsanarse este inconveniente, modificando el trazado mediante la intercalación de calles diagonales y plazas. Deben ser las calles anchas y tener arbolado a la distancia mínima de 4 o 5 metros de las fachadas, así como deben serlo también las aceras, tanto para comodidad del tránsito de peatones, como para evitar el peligro que supone la necesidad de andar por donde transitan los carruajes. Deben ajustarse las calles, en cuanto se refiere a la calzada, a necesidades del tránsito que necesariamente ha de existir en tiempo de normalidad en la población. La anchura de la calzada debe fijar-

se a razón de 2,5 m. por vía. La figura 4

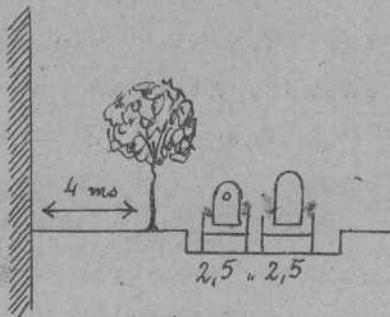


Fig. 4

representa el corte transversal de una calle en la que la calzada tiene dos vías. Una calle con dos vías y aceras debe tener una anchura mínima de ocho metros, pues el ancho

mínimo que debe darse a las aceras es de 1,5 m. y si ha de tener árboles, la anchura mínima debe ser de 4 metros. En una vía de gran circulación, (Figura 5) que tenga árboles,

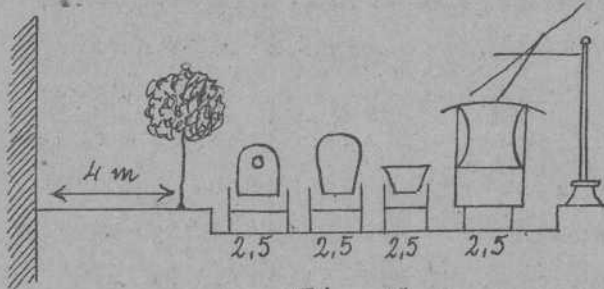


Fig. 5

que pueda haber vehículos parados en los dos lados de la calle, con via doble para el travía y que puedan circular dos vehículos unos de ida y otros de vuelta, el ancho que es preciso darle es

Si a esta misma calle se le quisiera dar 4 o 5 metros más de anchura, sin alterar

$$2 \times 4 + 2 \times 2,5 + 2 \times 2,5 + 4 \times 2,5 = 28 \text{ metros}$$

Si a esta misma calle se le quisiera dar 4 o 5 metros más de anchura, sin alterar

el tránsito, se puede hacer en el centro un andén con árboles.

En las plazas no debe haber revueltas bruscas ni obstáculos en la calzada. La plaza de planta circular ofrece el inconveniente de la mayor dificultad en la construcción de las fachadas en esa forma y además que si se da a la calzada también forma circular, o lo que es lo mismo, a las aceras, hay terreno en la calzada que no se utiliza. La plaza circular es buena para construir monumentos en el centro, los cuales se ven desde gran distancia. Sin embargo, es preferible la planta rectangular, que resulta al suprimir el número de manzanas que haga falta, en el trazado citado anteriormente. En el trazado es preciso tener en cuenta las rasantes, modificando el terreno para que las pendientes no sean excesivas. La altura de los edificios deben estar en relación con la anchura de la calle, influyendo también en ella el costo del terreno. Debido a un costo elevado del terreno, se ven casas muy altas en calles estrechas. En algunos sitios las Ordenanzas municipales fijan la altura que se les debe dar.

LA ALIMENTACIÓN. Los Ayuntamientos tienen a su cargo la vigilancia de los esta-

blecimientos de expendición de substancias alimenticias, laboratorios a cargo de personal técnico, etc., pero lo más importante para nosotros es que exista en las poblaciones un buen abastecimiento de agua, pues en esto intervenimos directamente.

INMUNDICIAS. Respecto a las inmundicias, diremos, que puesto que no se puede evitar su producción, es preciso evacuarlas inmediatamente, y lo mejor sería quemarlas en hornos de tiro forzado. Otra parte de esta asignatura es la que se refiere a proyectos de evacuación de aguas sucias, siendo por tanto interesantes para nosotros las basuras líquidas. El agua que se lleva a las poblaciones, debe ser buena y abundante y cuanto mayor sea el caudal que llegue a una población, mayor será el que es preciso evacuar. Las casas deben tener un buen servicio de evacuación y las aguas una vez que llegan a las alcantarillas no deben detenerse, siendo preciso de que antes de que lleguen al río o arroyo al cual contaminarían, establecer un buen sistema de depuración, para quitarles las propiedades nocivas.

INDUSTRIA Y COMERCIO. En las industrias se producen residuos y aguas sucias que van a la alcantarilla generalmente, y puede su-

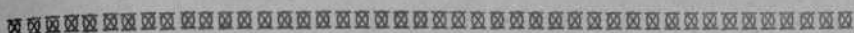
ceder que lleven substancias que ataquen a los materiales de que está construido el alcantarillado, siendo preciso obligar a los industriales a quitar esta propiedad a las aguas, antes de verterlas a la alcantarilla. En cuanto al humo, se puede disminuir empleando hogares fumívoros y si se producen gases tóxicos, no se debe consentir que existan en la población.

PALUDISMO. No conocemos la enfermedad, pero debemos saber cómo se contrae y cómo podemos librarnos de él. Es lo que llaman calenturas palúdicas y se produce por infección de la sangre. Se ha observado que esta enfermedad se desarrolla en terrenos pantanosos y en general donde hay aguas detenidas, como por ejemplo, en las proximidades de Roma. Al anochecer es cuando hay más peligro de contraerla si nos aproximamos a donde existen aguas de esa clase. Antiguamente se creyó que la infección se producía por los miasmas que se despreñían y los italianos la llamaban malharia (mal aire), pero esta teoría es falsa. No está el peligro en el aire, ni en el agua, pero sí que lo está en los mosquitos que se desarrollan considerablemente en los citados lugares. El paludismo es una infección producida por un he-

motozoario que se desarrolla en la sangre, que la inoculan los mosquitos. Por el día los mosquitos están ocultos en la tierra y al anochecer es cuando salen, siendo peligroso estar a tales horas en terrenos pantanosos, y en general, donde hay aguas detenidas. (1)

-:-:-:-:-:-:-:-:-

(1) Esta clase de mosquitos se llaman anofeles; otros muy parecidos con los culex, que no transmiten la enfermedad, aunque se alimentan con sangre infectada.



- V I I -

A los mosquitos que inoculan las fiebres palúdicas, se les llama anofelix y son análogos a los mosquitos comunes de trompeta, con la diferencia de ser algo mayores y que la forma de las antenas y palpos es diferente. Se distingue perfectamente el macho de la hembra. (1) Estos mosquitos no llevan en sí ese germen, sino que lo toman de la sangre de los palúdicos al picarles y después lo inoculan cuando vuelven a picar.

Se han hecho varias objeciones, respecto al modo de propagarse esta enfermedad. Dicen algunos que existen regiones en las que abundan los anofelix, y sin embargo no hay paludismo, a lo que se puede contestar

(1) En los machos los tentáculos son iguales a la trompa y en las hembras la trompa es mayor que los tentáculos.

diciendo que hay distintas clases de anofeliox y no todas propagan el paludismo, además decirles, que si no hay palúdicos, no puede haber contaminación. Otros dicen que en algunas obras de removimiento de tierras, se ha observado que algunos obreros contraían esta enfermedad, a lo que se contesta que pueden encontrarse aguas encharcadas en esos puntos, en las que se desarrollen los anofeliox y además, que los obreros han podido ser inoculados en otra parte, y aunque no haya mosquitos en las citadas obras, pueden ser atacados por el paludismo, pues tarda bastante tiempo en hacerlo (unos 14 días), después que la inoculación tuvo lugar.

Los anofeliox viven en el agua y allí ponen los huevos, de los que salen las larvas, que más tarde se convierten en crisálidas, etc. Tardan en pasar de larvas a ninfas 15 días y de éstas a insectos 4 días. Todas estas transformaciones las sufren en el agua y su perfecto desarrollo lo obtienen en aguas tranquilas o estancadas, no influyendo para nada el que las aguas estén limpias o sucias, dulces o saladas. Se desarrollan, pues, preferentemente en las charcas, en los estanques, en las orillas de los ríos o donde forma ramanso el agua y crece

la hierba. Son fitófagos, esto es, que se alimentan de hierba, excepto las hembras que se nutren con la sangre de los inoculados. Hay especies diurnas, pero generalmente son nocturnas; por el día se esconden en la hierba huyendo de la luz del Sol y se manifiestan al anochecer sin que les sea molesta la luz artificial.

Para vivir necesitan condiciones especiales de temperatura, que por lo menos debe ser de 20°; de aquí que sean más peligrosos en el verano. La fiebre amarilla también se inoculara por mediación de los mosquitos.

MEDIOS DE DEFENSA CONTRA EL PALUDISMO. Una vez que sabemos cómo se propaga esta enfermedad, veamos cómo podemos librarnos de ella. Hemos dicho que el paludismo supone la existencia de anofelis y la de enfermos palúdicos, que la temperatura permita su desarrollo y que piquen. De aquí se deduce que para defendernos de esta enfermedad, será preciso destruir los mosquitos, o prevenirse contra las picaduras, o proceder a la cura de todos los enfermos y hacer refractarias a las personas para el paludismo. Ninguna de estas medidas se puede llevar a ca-

bo radicalmente, pero veamos cual es la más práctica. No se pueden destruir los anofelios en una región, ni aún en una habitación, por cuya razón es preciso recurrir a procedimientos indirectos, que consisten en hacer desaparecer las aguas estancadas por medio de saneamientos. Esto aunque teóricamente siempre es posible, prácticamente no lo es la mayoría de las veces, pues suele resultar muy costoso. No obstante, éstos son los remedios más eficaces que pudieran seguirse. Se ha llegado a asegurar que los eucaliptus mataban los mosquitos y esto no es así, pero les hacen desaparecer, pues son árboles de gran desarrollo, lo mismo que el chopo, absorben gran cantidad de agua y las plantaciones de estos árboles contribuyen a la desecación del terreno. Se pueden emplear medios mecánicos de defensa, que consisten en cubrir la superficie de las aguas con una finísima capa de petróleo o aceite, de los cuales se emplea más el primero por ser más barato, aún cuando tiene el inconveniente de que se evapora más y es preciso renovar con frecuencia; esto se lleva a efecto después de haber llovido y en el verano, que es cuando existe más peligro, por ser la temperatura más adecuada para el desarrollo de los mosquitos.

Por este procedimiento, se consigue el aislamiento del aire por una película impermeable que impida que las larvas puedan sacar la trompa para tomar oxígeno del aire, que les es indispensable para vivir. Para seguir este procedimiento es necesario que las aguas petroleadas no tengan posterior aplicación.

Pueden emplearse también procedimientos químicos, disolviendo en las aguas determinadas substancias, pero económicamente considerados son irrealizables.

Un medio de hacer desaparecer las larvas, lo tenemos con los peces, que sabemos se alimentan con ellas: existen otros insectos que también los destruyen. Dentro de las habitaciones se pueden matar los anofeliox desinfectando con anhídrido sulfuroso, procedimiento que se sigue para matar los mosquitos en las bodegas en los buques. En algunas partes recomiendan el humo, pero este procedimiento es poco eficaz, pues no hace sino paralizarlos durante unas horas.

Debemos defendernos contra las picaduras, no solamente los sanos, sino también los atacados, con el fin de no infectar a los mosquitos. Conviene elegir, cuando sea posible, habitaciones situadas en puntos al-

XX

- V I I I -

SANEAMIENTO DE TERRENOS.

Los terrenos húmedos son perjudiciales para la salud en las poblaciones y se debe procurar sanearlos al objeto de quitar esa humedad y disminuir en lo posible la mortalidad de la población. En los campos, los terrenos encharcados se pueden aprovechar para la agricultura, haciendo que desaparezca el agua que los empapa, hasta la profundidad que requieran los cultivos que en ellos se han de establecer.

AVENAMIENTO DE LOS TERRENOS. Cuando el agua se encharca en una hondonada de suelo impermeable y no tiene salida, puede formarse un lago, laguna o pantano, según la extensión superficial de la hondonada, y en estos casos no se puede aplicar el procedimiento de avenamiento. Pero puede tratarse de un terreno en el que no siendo el agua vi-

sible en su superficie, tenga un exceso de humedad, en el que se crían juncos, etc. y no sea aprovechable para la agricultura. Esto puede ocurrir por ser impermeable el terreno, o siendo permeable, por estar muy superficial la capa freática, y en estos terrenos se sigue con éxito, el sistema de avenamiento, para proceder a sanearlos.

El agua circula por las capas permeables del terreno, de la misma manera que en la superficie y sucederá que también en el interior del terreno se estancará el agua, dependiendo de la configuración del terreno y de la naturaleza de las capas que lo forman. La velocidad con que se mueve el agua en el interior es muy pequeña, debido al gran rozamiento que tiene que vencer al pasar por las grietas e intersticios del terreno, en su marcha subterránea. Al moverse el agua, generalmente encuentra salida por diferentes puitos, formando fuentes de gasto variable en cada lugar.

En un terreno permeable y húmedo, por estar la capa freática próxima a la superficie, se puede dar salida al agua que lo empapa, haciendo canales o zanjias de evacuación. En el caso de ser impermeable el terreno, que como ya sabemos retiene el agua,

en su masa, se puede hacer el saneamiento por el mismo procedimiento, pues al abrir los canales de evacuación, penetra el aire entre las capas del terreno, y se abren grietas que lo hacen permeable.

Veamos como se hacen estos canales de evacuación llamados drenes. Suelen ser sencillamente zanjas abiertas en el suelo con su talud correspondiente. Al abrir una zanja ocurrirá exactamente lo mismo que en un depósito lleno de agua en cuyas paredes se abren agujeros, y si el fondo de la zanja lo hacemos con cierta pendiente, el agua que brota de las paredes de la misma discurrirá hasta salir fuera del terreno objeto del saneamiento. De esta manera si el nivel de la capa freática es el a b, al abrir la zanja, cae hasta c d y a uno y otro lado la superficie de dicha capa freática se deforma según se representa en la figura, dependiendo



Fig. 6

la nueva forma, lo mismo que la extensión de la zona saneada por

una zanja, de la permeabilidad del terreno. Si queremos bajar el nivel de la capa freática, en una cierta extensión será preciso constituir cierto número de zanjas más o me-



Fig. 7

nos distancias según sea el terreno y la magnitud del descenso. La distancia que debe existir entre dos zanjas para que la capa freática descienda una cantidad a b (Figura 7), se determina experimentalmente sobre cada terreno y para efectuarlo, de la inspección de la figura se deduce la marcha que es preciso seguir. Si los terrenos son arcillosos, estas curvas son poco tendidas y habrá falta que las zanjas estén bastante próximas, a distancias que suelen estar comprendidas entre 8 y 10 metros.

Se comprende que esta manera de operar no se puede aplicar en las poblaciones, pues el terreno es caro y se desperdicia mucho con las zanjas, además que se inutiliza para otras aplicaciones que pudiera tener y producirían mal efecto. En este caso se disponen drenes subterráneos, en la siguiente forma: Un procedimiento consiste en abrir zanjas en cuyo fondo se echan guijarros, cantos rodados y gravilla por orden de densidades y se termina el relleno con tierra. De-

esta manera proporcionamos al terreno de trecho en lugares de gran trecho permeabilidad que dan facil salida al agua siempre que el fondo de las zanjias tengan la suficiente inclinación.

En lugar de piedras, se pueden emplear ladrillos dispuestos como en la figura 8, sin hacer impermeables las juntas.



Las figuras 9 y 10 corresponden a la misma solución, con la

diferencia de emplear teja en lugar de ladrillo.

Lo corriente es emplear tubos de alfarería de pequeño diámetro (hasta de 3 centímetros) que resultan más económicos y se construyen de todos los tamaños con una longitud aproximada de metro y medio. Para colocarlo se abre la zanja que puede ser muy estrecha y desde arriba se pueden ir bajando por cualquier procedimiento. La junta de los tubos se puede permeable, pues se trata de hacer penetrar en ellos el agua y facilitar su evacuación.

Para llevar a cabo el saneamiento de un terreno, lo primero que necesitamos es levantar un plano detallado de él con curvas

de nivel, cuya equidistancia sea pequeña y valiéndonos de este plano haremos un proyecto en el que se detallará la dirección en que deben colocar los drenes y colectores, para saber por donde se ha de verificar la evacuación. Generalmente, las capas acuíferas siguen ondulaciones análogas a las de la superficie del terreno, salvo contadas excepciones, lo cual hay que tener en cuenta al hacer la distribución de drenes. Los drenes se colocan en líneas paralelas y van a desaguar en otro tubo de mayor sección llamado colector. Si los drenes se colocasen horizontales, no servirían para nada, pues se obstruirían con las arenillas a través de ellos, razón por la cual es preciso darles cierta pendiente, a fin de que la velocidad del agua arrastre las arenas que obstruyen los drenes, velocidad que debe oscilar entre 0,25 y 1 metro por segundo, pues para velocidades mayores de un metro, el rozamiento del agua con las paredes sería muy grande y desgastaría mucho los tubos. Los colectores se deben poner en dirección normal a las curvas de nivel o sea según las líneas de máxima pendiente del terreno y los drenes en líneas paralelas que a más de la pen-

diente correspondiente, conviene darles una dirección que corte oblicuamente a la de los colectores y por consiguiente a las curvas de nivel (Figura 11). Si los colectores es-

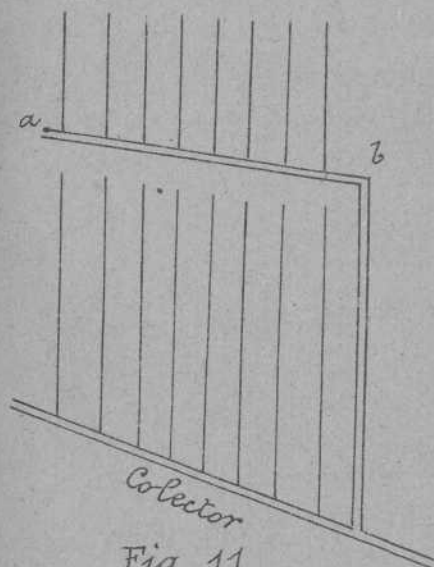


Fig. 11

tán muy próximos, las líneas de drenes serán cortas y si están muy separados, serán largas, no debiéndose pasar en general de 300 metros para tubos de 0,30 metros de diámetro, siendo además convenientemente que los colec-

tores tengan más pendiente que los drenes.

En el caso en que haya que dar mucha longitud a los drenes, se emplea la solución indicada en la figura, que consiste en cortar los según a - b y establecer el colector señalado por las mismas letras que desemboca en uno de los drenes b - c de mayor diámetro que los demás, que a su vez desagua en el colector general.

Todas estas obras de saneamiento se hacen muy toscamente, pues de lo contrario no tendrían realización desde el punto de vista económico. En la figura 12 se repre-

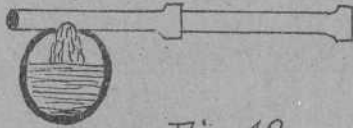


Fig. 12

senta el desagüe de los drenes en el colector. La manera de hacer este enlace con economía, consiste

sencillamente en poner en un extremo de los drenes un tapón, según se indica, y en dar un trastazo al tubo colector y a los drenes y superponer los drenes sobre el colector de modo que coincidan los boquetes abiertos en ambos tubos. De no hacerlo así, el agua saldría con dificultad de los drenes y quedaría retenida en ellos.

La profundidad a que deben colocarse los drenes depende de lo que se quiera hacer descender el nivel de la capa freática, dependiendo de esto del destino que se haya de dar al terreno objeto del saneamiento. Si se ha de destinar a la agricultura, se necesita para que los cultivos prosperen, que la capa freática se encuentre a una profundidad mínima de 0,70 metros. Claro está que para conseguir este resultado con la mayor economía posible, el sistema de drenes y colec-

tores se debe instalar a la profundidad mínima que nos permite obtener el resultado apetecido. En general, la profundidad que se da a las zanjás varía entre 1,20 y 1,50 m. Los colectores se colocan más profundos.

Entre cada dos drenes debe haber una distancia que depende de la forma que adquiere la capa freática y por consiguiente, de la naturaleza del terreno. También depende del descenso que hemos de dar a dicha capa freática, y en la práctica esa distancia varía entre 8 m. y 20 m. según los terrenos.

Digimos anteriormente que se podía determinar experimentalmente la forma de las curvas de la capa acuífera superficial, para esto, una vez construida la zanja, se hacen unos taladros en el terreno clavando barrenas, distanciados unos de otros según convenga. Al cabo de unas horas se observa el nivel del agua en los distintos agujeros con respecto a un plano de comparación, con lo cual conocemos las ordenadas de los diferentes puntos de la curva que buscamos y se puede dibujar en una escala determinada.

Por medio de esta curva se puede determinar la distancia a la cual se deben instalar los drenes.

El preciso dar salida a los colectores y para esto hay que hacer una nueva zanja. Esta es la operación más difícil en muchos casos, por lo costoso que resulta. Si cerramos la boca de desagüe de los colectores por cualquier medio, el nivel del agua subirá en éstos y en los drenes y por tanto también subirá el nivel de la capa freática, pudiéndonos servir de esta propiedad para regar los terrenos cuando haga falta. Para esto es preciso que el agua venga de sitios más o menos lejanos situados a mayor altura, siguiendo los estratos permeables.

Cuando se hace una instalación de este género, es preciso colocar registros que nos pueden dar idea de las condiciones de funcionamiento. Estos registros pueden aparecer en la superficie o ser subterráneos, es decir, que estén enterrados. En este último caso hay que fijar los puntos en donde se encuentran, por coordenadas y poner referencias, para encontrarlos con facilidad en el momento que se desee. Se construyen estos registros con cuatro muretes de ladrillo que se cubren con una losa, que puede estar enterrada o en la superficie, según hemos dicho. Los puntos en que deben situarse

son los de concurso de colectores y drenes,
bastando levantar la losa para ver si hay in-
terrupciones en los tubos.

de continuamente puedan correr las aguas. Las depresiones del suelo que contienen aguas estancadas, se producen por causas diferentes que vamos a exponer en pocas palabras. Sobre la formaciones calizas existen cavernas de grandes dimensiones que la Geología explica cómo se producen y que son causa de hundimiento, en los que se estancan las aguas. En las formaciones de yeso, se producen también esas cavernas por la acción continua de las aguas subterráneas que tienen la propiedad de disolver al sulfato de cal, deduciéndose por esta consideración que también las aguas subterráneas pueden ser causa de hundimiento. En las orillas de los rios, los arrastres, que llevan en las grandes avenidas, forman verdaderos diques al depositarse que impiden la salida del agua. Todas estas depresiones se llenan, como hemos dicho, con agua de lluvias o de manantiales, y la manera de hacerlas desaparecer, consiste en abrir un canal, practicando un desmonte o túnel. Las dimensiones del canal serán proporcionadas al caudal que ha de correr por él, caudal que se determina teniendo en cuenta la cantidad de aguas de lluvia que caen en la región y aforando los manantiales o arroyos que viertan sus aguas en

la depresión que se trata de desecar.

EVACUACIÓN DISCONTINUA. En las orillas del mar o de las rías, por la formación del cordón litoral y por los acarreos, existen diques que cierran grandes extensiones de terreno en las que queda aprisionada el agua al bajar la marea. Para evitar esto, lo que se hace es limitar este cordón, si no lo está ya, como por ejemplo, en las marismas, esto es, se corta el cordón y de este modo podrá salir el agua durante la baja marea. Otras veces se construyen diques que impiden que entre el agua, con compuertas, que se cierran cuando sube la marea y se abren cuando baja, consiguiéndose por este procedimiento sanear el terreno. En el caso de evacuación discontinua, es necesario tener en cuenta el tiempo que han de estar abiertas las compuertas y el tiempo que han de estar cerradas, para que se acumulen las aguas afluentes. Muchas veces se construyen canales que recojan las aguas afluentes. Cuando en esos terrenos vierten las escorrentías de las laderas, conviene hacer un canal de circunvalación a una altura que pueda desaguar en el mar. Esta última construcción es indispensable en el procedimiento de elevación.

ELEVACIÓN MECÁNICA. Cuando no se pueden aplicar los procedimientos anteriores, se recurre a la elevación por medio de bombas. Para ello se pone un dique que impida la entrada de aguas en el terreno y se hace el canal de circunvalción por razones económicas, al objeto de impedir que las aguas de lluvia viertan en el recinto cerrado por el dique disminuyendo así los gastos de elevación. Para hacer el cálculo de la potencia de las máquinas que han de figurar en la instalación, conviene tener presente que al principio hay que extraer más agua que cuando se ha establecido el régimen normal que es el que se debe tener en cuenta para hacer dicho cálculo. Al principio se pueden poner, para auxiliar a las máquinas instaladas, bombas de alquiler hasta que el caudal existente sea el que pueden extraer las bombas de la instalación. En Holanda se emplean bombas accionadas por molinos de viento, que extraen el agua de un pozo al que concurren los colectores de avenamientos construidos para el saneamiento, y la vierten en una acequia alta, sostenida algunas veces por un dique artificial. Lo único difícil es el cálculo de la sección del canal de circunvalación, para lo cual es preciso conocer

el caudal que ha de llevar, que se determina estudiando el régimen de las lluvias locales, la altura pluviométrica y la superficie de la cuenca hidrográfica de que se trata: con estos datos calcularemos el volumen medio diario de aguas y dividiendo por el número de segundos que tiene el día, obtendremos el volumen medio por segundo. De este volumen calculado, es preciso descontar el agua que se evapora y la que se filtra en el terreno. Se llama coeficiente de escorrentía, a la relación entre el agua que corre por la superficie y la total caída sobre el terreno; este coeficiente varía mucho con la naturaleza del terreno y con el modo de llover o intensidad de lluvia, entendiéndose por tal, la cantidad de agua que cae en la unidad de tiempo. La velocidad de absorción del terreno, es siempre muy pequeña y si la lluvia es muy intensa, el agua correrá por la superficie, más o menos, según que el terreno sea impermeable o permeable, que tenga poca vegetación o una vegetación exuberante y que tenga mucha o poca pendiente. Cuando la lluvia es lenta y menuda y el terreno permeable, y poco pendiente, puede suceder que el agua no corra. Este coeficiente

te se determina experimentalmente o por comparación con otros terrenos análogos en los que sea conocido. Varía entre 0,8 para los terrenos impermeables y 0,25 o 0,30 para los muy permeables, siendo el valor medio 0,7. Aplicando este coeficiente al resultado anterior, obtendremos el caudal que ha de llevar el canal. Claro está que no hay que tomar estos resultados como ciertos, pues no habiendo seguridad en los datos, tampoco puede haberla en los resultados, sin embargo es preciso hacerlos, pues tenemos que confeccionar un presupuesto, y es evidente que un proyecto hecho con buen sentido común, teniendo en cuenta las consideraciones que preceden, nos permitirá hacer las obras con más seguridad de éxito que si todo lo hacemos a ojo de buen cubero.

El canal se abre en una ladera (Figura 13) y con las tierras escavadas, se forma el caballero A B

C D. La sección del canal está calculada para un caudal determinado en días de lluvia que pudiéramos llamar de régimen normal.

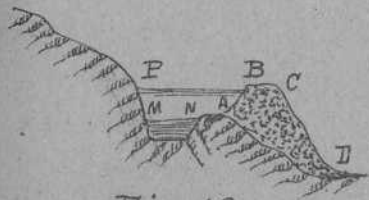


Fig. 13

siendo entonces M N el nivel que alcanzan las aguas. Con el sistema de construcción adoptado, el caballero nos proporciona un aumento de la sección del canal, y en los casos extraordinarios de una avenida grande, las aguas podrán alcanzar un nivel tal como el B F.

ATARQUINAMIENTO. El atarquinamiento consiste en hacer desaparecer la depresión, rellenando o terraplenando con tierras. Este procedimiento puede resultar económico, solo cuando se trata de extensiones pequeñas o de escasa profundidad. Cuando se trata de grandes extensiones y disponemos de un río próximo, es más conveniente, desde el punto de vista económico, aprovecharse de su caudal sólido, para terraplenar la depresión. Los ríos, además del caudal líquido, arrastran materias sólidas que llevan en suspensión las aguas y a esto es a lo que llamamos caudal sólido del río. Ambos caudales son variables, no solamente en un río determinado, sino también de unos ríos a otros. Los ríos que corren por terrenos permeables, tienen las crecidas menos rápidas que los que corren por terrenos impermeables, pues en éstos el coeficiente de escorrentía es menor y el caudal sólido es menor en los pri-

meros que en los segundos. Se comprende perfectamente que aunque de menor importancia las crecidas de los rios en terrenos impermeables, son de mayor duracion y las aguas más claras que los que corren por terrenos impermeables, por el hecho de ser menor su caudal sólido.

De todos modos, en las crecidas, todos los rios llevan caudal sólido y líquido (agua turbia) que podemos utilizar encauzándolos al sitio que queremos sanear, y haciendo que se deposite todo o parte del caudal sólido. A esto es a lo que se llama atarquinar el terreno. Las dimensiones de los elementos que constituyen el caudal sólido del rio, dependen de la velocidad que lleve el agua: con velocidades no muy grandes, se ponen en suspensión los granos de arena, y con velocidades mayores los cantos de diversos tamaños y hasta piedras de grandes dimensiones. Se llevan las turbias al terreno que queremos sanear se deja depositar el acarreo y repitiendo la operacion cuantas veces sea necesario, al cabo de un cierto número de años, que se puede calcular aproximadamente, habremos conseguido rellenar la depresión que era objeto de saneamiento, que podrá ser utilizada para la agricultura u otros fines.

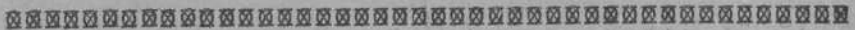
El atarquinamiento puede ser intermitente o continuo. Cuando el río trae solo caudal líquido, no puede haber atarquinamiento, pero si en tales condiciones se quiere realizar esa operación, es preciso enturbiar artificialmente el agua del río atacando terrenos. Así se han hecho presas de embalse en los Estados Unidos, pero en el atarquinamiento no es conveniente seguir este procedimiento, pues puede resultar muy caro. Este es el único procedimiento de obtener un atarquinamiento continuo. Todos los demás son intermitentes, por serlo también las crecidas de los ríos. Dentro de esta intermitencia, los atarquinamientos pueden ser a su vez intermitentes o continuos.

Son intermitentes, cuando llena de agua turbia la depresión, se cierra la entrada, y después que ha tenido lugar la sedimentación, se abre la compuerta de desagüe para darle salida y volver a llenar de nuevo si dura todavía la turbia o cuando tenga lugar la próxima crecida.

El atarquinamiento es continuo cuando el agua, entra y sale continuamente, haciéndose la sedimentación por el cambio de velocidad del agua. No sabemos cual de los dos procedimientos será el mejor. En el intermi-

tente se emplea más espesor de agua y conviene que las intermitencias sean más cortas al principio que al fin, pues la sedimentación se hace por orden de densidades y de este modo se consigue que las capas inferiores del terreno sean permeables y las superiores constituidas por elementos más finos con mucho lógamo, resultando así un excelente terreno para la agricultura.

-:--:--:--:--:--:--:--:--:--:--



- X -

Vamos a terminar con el atarquinamiento, diciendo el modo de hacer esta operación. Primeramente, es preciso limitar el terreno que se quiere atarquinar, y esto se hace por medio de diques de tierra, que se construyen contorneando el terreno, de modo que formen las paredes del vaso que ha de contener las aguas turbias. Los diques son de forma trapecial, con los taludes que deben tener las tierras, variables según su naturaleza, aunque generalmente se les da 1 de altura por 1,5 de base.

A este vaso hay que traer el agua turbia por medio de un canal, cuya sección se calcula como ya veremos más adelante, y su pendiente se determina de modo que la velocidad del agua sea la necesaria para que arrastre las materias que lleva en suspensión

y no se depositen en el fondo del canal. El agua turbia entra en el vaso y después de haber sedimentado su caudal sólido, hay que echarla fuera, operación que se verifica siempre por la superficie, para que sufra una verdadera decantación, construyendo unos vertederos que fijan el nivel que el agua ha de alcanzar. Todas estas obras tienen que ser muy económicas, por cuya razón se hacen los diques de tierra, y los vertederos por medio de una abertura practicada en el dique mismo, resistiendo el caidero con un empedrado, entablonado o enfaginado, que tiene por objeto que las aguas no arrastren las tierras del dique. Se les pueden poner alzas a los vertederos, que son unos tabloncillos horizontales que se quitan y pongan conforme se necesitan para vaciar o llenar el vaso.

Cuando el terreno que se quiere atarquinar ocupa una extensión pequeña, se sigue el procedimiento siguiente, que no es otra cosa, que la repetición de cuanto llevamos dicho sobre este tema, detallando por medio de croquis la manera de hacerlo en la práctica. El dique se hace con tierra que se toma de una zanja (Figura 14) abierta cerca de él y dentro del terreno que se trata de atarquinar. Estas tierras se llevan a caba-

llero en a b c; d e representa el nivel de

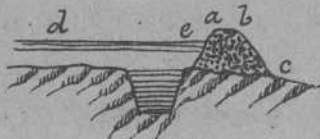


Fig. 14

las aguas dentro del vaso; la zanja se rellenará naturalmente con los acarreos, puesto

que está en el interior del vaso.

La figura 15 representa uno de los vertederos citados, siendo m n la coronación del dique en el que se abre la boca de salida p, q, r, s;

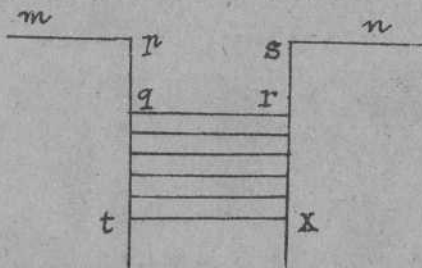


Fig. 15

lida p, q, r, s; q, r, t, x representa el caudero reforzado con estacas y empedrados o por otro de los medios citados; en la boca p, q.

r, s, se ponen las al-

zas para llenar el vaso.

Si representamos el contorno del terreno que se va a rellenar por un rectángulo, (Figura 16), haremos el dique siguiendo los lados del rectángulo en la forma dicha, Al vaso así formado haremos llegar el canal C que lleva las aguas turbias y cuya sección es la de a figura 14, y por último constituiremos el canal de evacuación D en el que

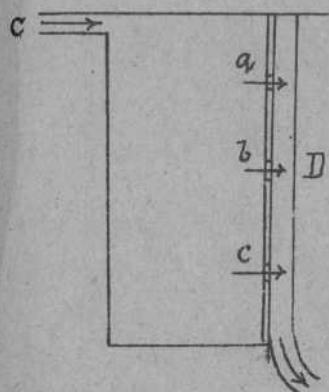


Fig. 16

desembocan los vertederos a, b, c, hechos en la forma dicha.

Cuando el terreno que se quiere atarquinar ocupa una gran extensión, conviene dividirlo en parcelas que se atarquinan sucesivamente, pudiendo seguir dos procedimientos. Uno de ellos consiste en

poner (Figura 17) vertederos en la disposición indicada por las flechas y hacer pasar

el agua turbia que trae el canal, del depósito A al B, del B al C y por último al canal de desagüe. Así se consigue que

en A se depositen los elementos más gruesos y en C los más finos, siendo de tamaño intermedio los que se depositan en B. Los detalles de construcción son los ya descritos en el caso anterior.

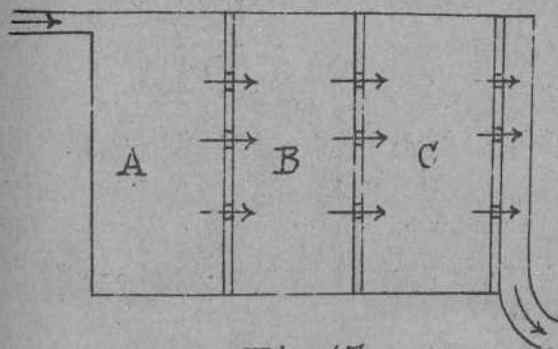
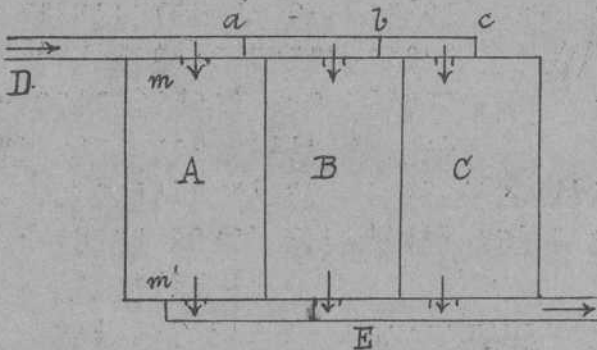


Fig. 17

El otro procedimiento consiste en atarquinar por separado cada uno de los depósitos en que se ha dividido el gran vaso total, sin comenzar el atarquinamiento de uno de ellos antes de haber rellenado por completo el anterior. ⁽¹⁾.

Para esto se hace llegar el agua al depósito A por el canal D (Figura 18) que



se supone termina en a; el agua entra por la compuerta m y sale por el vertedero m' al canal

Fig. 18

de evacuación E. Cuando el atarquinamiento de A ha terminado, se prolonga el canal de entrada del agua hasta b y se cierra la compuerta m del primer depósito. Atarquinado el depósito B, se repiten las mismas operaciones

(1) Este segundo procedimiento es más racional, pues con el anterior se acumulan en la parte más baja del terreno los materiales más finos y los menos en la superior, luego las capas inferiores serían impermeables, lo contrario de lo que debería suceder y que se obtiene mediante este segundo procedimiento.

para éste y el siguiente y así sucesivamente se continúa hasta haber relleno todos los depósitos.

Estos canales de atarquinar, pueden servir luego para el riego de las parcelas, si es que se las destina para el cultivo de plantas. En este caso, antes de poner en cultivo estos terrenos, conviene darles una ligera inclinación, para facilitar el riego y que las aguas no queden detenidas en su superficie.

Conviene también saber el tiempo que durará la operación, y para esto se necesita determinar con bastante exactitud el volumen de tierras que necesitamos para hacer el relleno. Si levantamos el plano del terreno y hacemos una nivelación precisa, tendremos los datos necesarios y suficientes para hacer esta cubicación. También necesitamos conocer: 1.º el volumen de tarquín que lleva el agua por unidad de volumen; 2.º el caudal que puede llevar el canal de alimentación; 3.º el número de crecidas que aproximadamente pueden ocurrir en un año; y 4.º la duración de las mismas. Con todos estos datos se puede calcular el número de años que durará el atarquinamiento, con cierta aproximación. Para deducir el volumen de tarquín que lle-

van las aguas, lo mejor es realizar experimentos que consisten en llenar de agua turbia varias botellas de capacidad conocida, un litro por ejemplo, y pesando los sedimentos que deja, podremos determinar mediante el peso específico de los mismos; el volumen de tarquín por litro de agua que entra en la hondonada.

*
* *

ABASTECIMIENTO DE AGUAS

Ya digimos que el agua es, no solamente indispensable para la vida; sino que también es el elemento primordial para la higiene particular y para la higiene pública. Pues bien: los abastecimientos de aguas se construyen para llevar el agua a las poblaciones y distribuirla de manera que esté al alcance de todos, para todos los usos.

En primer lugar, para hacer una trai-
da de aguas, como así suele decirse, necesitamos saber cual es la cantidad que debe traerse y por tanto la dotación por habitante y día en litros, en la que se incluyen

todos los usos a que se destine, tales como los servicios públicos, domésticos e industriales. Determinada la dotación por habitante y día, es necesario buscar el sitio donde exista ese caudal y las condiciones de pureza del agua, su frescura, etc.

Tenemos, pues, que estudiar las calidades de las aguas por su historia, saber de donde proceden, por donde pasan, etc., pues pudieran estar contaminadas. Además, se mandan muestras a los Laboratorios que nos ofrezcan confianza para que las analicen y después el Ingeniero debe interpretar los resultados del análisis, pues pudiera suceder que en el certificado expedido en el Laboratorio digese que eran malas y sin embargo sirviesen para el abastecimiento que se proyecta. Examinadas las distintas calidades de las aguas encontradas, en cantidad suficiente para realizar el proyecto, elegiremos la que más convenga y después debemos estudiar la manera más conveniente de hacer la captación o toma de dichas aguas, las obras que eso lleva consigo, las obras de conducción, ya se haga por tubos, canales o con aparatos de elevación. Una vez en la población, puede suceder que por no haber encontrado otras mejores, las aguas lleven mu-

chas impurezas, en cuyo caso es necesario establecer sistemas de depuración, puesto que se necesitan aguas para beber, y éstas no deben ser vehículo de enfermedades, pudiendo suceder también que no sean bastante puras para otros servicios, y como no se puede obligar a todos los vecinos a que tengan filtros, es preciso para purificarlas establecer un sistema de depuración.

Después, sea el agua pura o purificada artificialmente, es preciso recibirla en un depósito regulador, puesto que el agua se conduce lentamente con un caudal uniforme todo el día y en las poblaciones el uso de ella no es uniforme, por no hacerse uso más que cuando se necesita. Es, pues, indispensable, calcular las dimensiones del depósito regulador y estudiar la manera de colocarlo. Para hacer el cálculo, se dibuja la curva de abastecimiento, que es una recta horizontal y la del consumo que tiene máximos y mínimos, viéndose por estos gráficos que hay horas durante el día en que se gasta más agua que la que entra, debiendo verificarse en el gráfico del día, que las áreas encerradas por las dos líneas sean iguales. Con esto queda plenamente justificada la necesidad de construir un depósito regulador.

Desde el depósito hay que llevar el agua a la población y hacer la distribución. Del depósito regulador arrancan las arterias principales o troncos que luego se dividen por las calles subdividiéndose a su vez en otras que luego se ramifican en los centros de consumo, formando, por decirlo así, un conjunto análogo a nuestro sistema arterial. Todo esto tenemos que estudiarlo, exponiendo los sistemas que deben seguirse y cómo se calculan los tubos para que puedan soportar la presión del agua. Después estudiaremos detalles de construcción, modo de suministrar el agua, contadores, llaves de aforo, etc., los sistemas de explotación y conservación y los aparatos para la utilización del agua. Por último, tenemos que estudiar la manera de evacuar las aguas después de su utilización, construyendo otro árbol análogo al de distribución, que desempeña en la trama de la instalación idéntico papel que el sistema venoso en el cuerpo humano.

sitamos conocer el número de habitantes que tiene la población en el momento y debemos preveer el aumento probable de población en el transcurso de ese número de años. Esto no se puede hacer con exactitud, más no obstante, podemos adquirir una idea de ello teniendo a la vista las estadísticas de la población de muchos años y con los datos que se obtengan, construiremos una curva que tenga por abscisas los años y por ordenadas el número de habitantes correspondiente, que se llaman "curvas de crecimiento de la población" de la que se deduce la tendencia o sentido en que varía la población. Tomando sobre el eje de abscisas el número de años que queremos que tenga validez el proyecto y levantando la ordenada correspondiente a ese punto y prolongando a sentimiento la curva hasta que corte a esta ordenada, tendremos el número probable de habitantes que la población tendrá al cabo de ese tiempo. Para deducirlo analíticamente, se ha de acudir a la siguiente fórmula:

$$P_{50} = P \left[1 + \frac{C}{100} \right]$$

siendo 50 el número de años que ha de durar la obra, C un coeficiente variable, pero comprendido entre 1 y 20, cuyo valor se puede deducir de las estadísticas.

Conocido el número de habitantes probable que tendrá la población al cabo de 50 años, necesitamos determinar el caudal que es preciso llevar a la población para llenar todos los servicios que ha de prestar, o sea lo que se llama dotación por individuo, que es indeterminada. Puede ocurrir que el manantial de agua con el que hay que abastecer sea de escaso caudal, en cuyo caso hay que averiguar si es suficiente, pero puede ser tan grande que sobrase agua. En uno y otro caso, hace falta conocer la dotación, ya que de lo contrario, en el segundo caso, si se tomaba un caudal excesivo, podría resultar la construcción antieconómica; sin embargo, debemos procurar dar toda el agua posible siempre que los gastos no aumenten demasiado.

El agua se emplea para usos domésticos, públicos e industriales. La cantidad de agua que se emplea para usos domésticos depende de la cultura y costumbres de los habitantes, que a medida que se generalizan las condiciones higiénicas, tienden a aumentar. Antiguamente se gastaba poca agua y si en los abastecimientos que entonces se hicieron se hubiese tomado como base el consumo de la época, al cabo de poco tiempo resultaría insuficiente. Es preciso suponer siempre,

en estos estudios; que cada vez se gasta más agua. Se han fijado cifras que dan la cantidad en litros para usos domésticos, por habitante y día y estas cifras varían de un país a otro. En Francia e Inglaterra es de 45 litros, en los Estados Unidos varía de 30 a 65, en Alemania 25, en Austria 20 y se puede tomar por término medio 40 litros de agua lo que consume cada habitante por este concepto. Un Ingeniero español toma la siguiente cantidad repartida como se indica:

Para la bebida.....	1,5	litros
Para la cocción.....	3,5	id
Para la limpieza corporal.....	22,5	id
Para la limpieza de la casa...	13,5	id
Para el lavado de ropa.....	13,5	id

Total..... 54,5 litros

por habitante y día. Un buen abastecimiento eleva esta cantidad a 10 litros.

La dotación por habitante para el servicio público es difícil de determinar. Tenemos que gastar agua en las calles, mercados, kioskos de necesidad, mataderos, urinarios, riegos y servicio de incendios. Para el servicio de incendios no se puede deter-

Ing.^a sanitaria 13

minar la cantidad de agua aproximada que se necesita, y para esto lo único que podemos hacer es tener siempre en presión los depósitos y calcular las cañerías con la capacidad suficiente para poder enchufar las bocas de incendio y dotar a las bombas de la cantidad de agua que necesitan para funcionar en buenas condiciones. El gasto de una boca de incendios, suele ser de unos 5 litros por segundo, que es también el de una boca de riego ordinaria. Es muy pequeña la cantidad de agua que se necesita por este concepto y como hemos dicho, no se puede determinar el número de litros por habitante. Para riego de las calles se puede contar 1 litro por metro cuadrado y día, para jardines 1,5 litros por metro cuadrado, en mercados 5 litros por metro cuadrado, en los mataderos de 300 a 400 litros por res mayor y si es pequeña de 150 a 200. Sumando todos estos resultados se determina, aunque con bastante arbitrariedad, la cantidad de agua por día que se necesita para los servicios públicos, y dada la indeterminación del resultado, no se suelen hacer estos cálculos en la forma que acabamos de indicar.

Otro tanto puede decirse del caudal necesario para los servicios industriales,

pues aún cuando en la época en que se haga el abastecimiento podemos adquirir datos en las industrias existentes, queda la indeterminación, acerca de las evoluciones que sufrirá la industria en el periodo de 40 a 50 años, que es preciso tener en cuenta en los cálculos.

Dadas estas dificultades, lo que se hace para salvarlas, es tomar para cada uno de estos servicios la mitad de la dotación que corresponde a los usos domésticos, o sea 35 litros para servicios públicos por habitante y día y 35 litros para las necesidades de la industria. En resumen de todo lo dicho, podemos admitir una dotación total por habitante y día de 140 litros.

Hemos de tener en cuenta las pérdidas o mermas de agua que se pueden producir por imperfección de las juntas de los tubos y por asientos que experimentan las tuberías, de las cuales unas se manifiestan al exterior y otras no. Sumando todas las pérdidas por las juntas de los miles de tubos de la distribución, con las que se producen en las bocas de riego, grifos, aparatos de descarga de los inodoros, etc., se tiene una pérdida de agua mayor o menor según que el

material de la distribución esté o no bien conservado. Todas estas pérdidas oscilan entre el 10 y el 25 % en Europa y hasta el 50 % en los Estados Unidos. Dicen algunos Ingenieros, que en cañerías bien construídas no se debe perder más de 600 a 700 litros por kilómetro, día y diámetro de 1,10 metros.

Hay otras pérdidas más importantes por abuso de consumo en las casas, y para evitarlas, lo mejor es el empleo de contadores, pues entonces sucederá lo mismo que con la luz eléctrica explotada por contador, esto es, que no se consumirá más que cuando se necesite. Para compensar estas pérdidas es prudente aumentar la dotación en 40 litros y en números redondos debemos señalar como dotación para un buen abastecimiento de aguas 200 litros por habitante y día.

Estas cifras se han fijado, para abastecimientos de gran importancia, como son los de las poblaciones grandes. En las pequeñas no está tan desarrollada la costumbre de gastar agua y se hace una reducción en la dotación, que varía según la importancia o número de habitantes. Para poblaciones con menos de 5.000 habitantes, basta una dotación de 50 a 100 litros. Para poblaciones que

tengan de 5.000 a 50.000 habitantes, es suficiente una dotación de 100 a 150, y de 200 litros cuando la población excede de 100.000 habitantes. Claro está que esto depende de que el caudal disponible sea grande o pequeño, pues si hay agua abundante, conviene aumentar la dotación todo lo posible, con tal de que los gastos no aumenten mucho.

Tenemos ya un caudal diario, correspondiente al consumo medio. No todos los días se gasta la misma cantidad de agua, pues el consumo varía con la estación, y dentro de la estación, con los días de la semana.

En Madrid se hace el consumo máximo los lunes y el mínimo los domingos. Aún dentro del mismo día, hay horas de consumo máximo y horas de consumo mínimo. Todo esto es preciso tenerlo en cuenta, al calcular los depósitos y cañerías, pues la conducción debe hacerse para el consumo máximo diario, que tiene lugar durante el verano. De observaciones hechas en los abastecimientos de poblaciones ya establecidos, se ha podido deducir empíricamente, que el consumo diario máximo es vez y media el consumo medio diario y que el consumo máximo horario es también vez y media el consumo medio horario. Si la

dotación es 200 litros, para el cálculo de la tubería hay que multiplicar por $1,5 \times 1,5$: de donde se deduce que el consumo horario es, aproximadamente, la décima parte del diario.

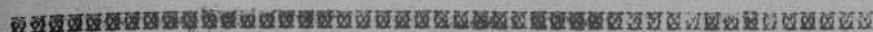
$$(1) \frac{200 \times 1,5}{24} \times 1,5 = \frac{1}{10} \times 200 \text{ aproximadamente.}$$

Para poder aplicar las reglas de la Hidráulica es preciso deducir el gasto de los tubos por segundo.

Ahora, hablaremos de la calidad del agua y para formarnos idea clara de sus condiciones, es necesario someterla a varias clases de ensayos: ensayos químicos, físicos y biológicos.

---:---:---:---:---:---:---:---

(1) Lo mismo es multiplicar el gasto medio por segundo por $1,5 \times 1,5 = 2,25$



- X I I -

Para poder comparar las calidades de las aguas disponibles para abastecer una población, necesitamos conocer sus caracteres físicos, químicos y biológicos, lo que se consigue por medio de ensayos.

CARACTERES FÍSICOS DEL AGUA.

TURBIEDAD. La turbiedad es debida a las materias sólidas que el agua lleva en suspensión, de naturaleza variable, por lo general materia orgánica, arcilla y arena. La turbiedad no es nociva para nuestro organismo cuando es producida por materias inertes, pero si es debida a la presencia de materia orgánica, entonces puede ser peligrosa. La turbiedad da siempre al agua un aspecto desagradable y sabor repugnante, bebiéndose el agua turbia solamente cuando no hay otro remedio.

Para un abastecimiento podemos utili-

gar las aguas superficiales, o las subterráneas. Entre las subterráneas tenemos las de manantial, que son transparentes y si alguna vez se enturbiasen sería mala señal, pues podrían estar contaminadas. Las aguas de manantial proceden de lluvias que se filtran por entre las capas del terreno, saliendo después por las fuentes. Si salen siempre claras, es porque la filtración que sufren en su marcha subterránea es eficaz, pero si alguna se enturbia cuando llueve mucho, puede llevar microorganismos por no ser eficaz la filtración y entonces debe considerarse como sospechosa. La turbiedad se presenta generalmente en las aguas superficiales y depende, lo mismo que su duración, de la naturaleza y topografía del terreno. Si los arrastres son de arena, las aguas se aclaran antes que si son de arcilla. La turbiedad es desagradable, pero no es nociva, generalmente.

No se puede medir la turbiedad, pues aún cuando se han propuesto varios procedimientos, no han dado resultado. No obstante expondremos algunos de esos procedimientos que siempre nos darán una idea aproximada de la intensidad de la turbiedad. En aguas profundas como las de los mares y lagos, se ti-

ra un disco blanco de 20 centímetros de diámetro y anotando la profundidad a que deja de ser visto, podemos tener un número que nos dará idea de la intensidad de la turbia. Este procedimiento puede seguirse por la noche empleando una lámpara eléctrica en lugar del disco. Todo esto depende de las condiciones de luz, que no son las mismas todos los días y dentro del día tampoco lo son a todas las horas, siendo por consiguiente el procedimiento descrito de poca precisión.

Por medio de papel fotográfico, sumergido a profundidades diferentes por medio de una cámara que se abra desde fuera maniobrando unos resortes y revelando después, se puede juzgar del grado de limpidez del agua. Estos métodos solo se emplean en lagos y grandes embalses.

En los Estados Unidos se ha ideado una escala para medir la turbiedad y se ha procurado uniformar los métodos de ensayos. Para graduar dicha escala se ha construido un patrón, que consiste en poner en suspensión en agua clara la sílice que se obtiene de las diatomeas, (fósiles de cáscara silicea). Esta sílice se obtiene calcinando las cáscaras y tratando los residuos por el ácido clorhídrico para que disuelva la parte

caliza. Bien molida la sílice se diluye en agua a razón de 100 miligramos por litro, con lo que se obtiene el patrón 100 de la escala. En este patrón, un alambre de platino de 1 milímetro, deja de ser visible a 100 mm. de la superficie, mirando desde 1,20 metros de altura sobre dicha superficie, al medio día y a la sombra, en día que no esté nublado. Teniendo a nuestra disposición un gran número de patrones, podemos por comparación deducir el grado de turbiedad de las aguas, pero este procedimiento no puede seguirse en el campo, tal como lo hemos explicado, y para poderle aplicar se ha construido una tabla graduada experimentalmente, en la que se encuentra el grado de turbiedad por la profundidad a que deja de verse el alambre. El alambre tiene una longitud de 20 centímetros y sostenido por una varilla graduada mide directamente el grado de turbiedad.

COLOR. Otro carácter físico del agua es el color. Cuando es turbia, tiene un color que no hay que confundir con el color propio del agua, pues proviene de materias que lleva en suspensión y en disolución. Cuando el agua, aunque trasparente tiene

color, es de mal efecto para la vista, como la turbia lo es para el paladar; entonces se dice que está coloreada. Hasta ahora no se ha comprobado que el color haga nocivas las aguas, y hay gentes que las toman por no haberlas hecho nunca daño. Aunque el agua esté clara, en grandes masas presenta color. De ordinario el color que presenta es amarillento, análogo al de una ligera infusión de té, ese color proviene de substancias vegetales. Hay terrenos graníticos en que las aguas no disuelven substancias terrosas y sin embargo están coloreadas por detritus vegetales, pues en general en el terreno hay mucha hojarasca y ramas que se pudren y dan color al agua; Todas estas materias forman el humus o mantillo vegetal, y esos colores son combinaciones del ácido húmico con álcalis. Estas aguas al correr por un arroyo o río de cauce calizo, pierden el color y lo toma la caliza del lecho ennegreciéndose, formando los llamados ríos negros. Este color es raro en las aguas subterráneas, y el color que ofrecen muchas veces las aguas superficiales, proviene de sales ferrosas solubles, las que en contacto con el oxígeno del aire, se transforman en férricas insolubles, convirtiéndose entonces el color en turbiedad.

El color de las aguas puede variar según las condiciones de las turbias, es decir, según que provengan de lluvias, nieves, etc., pero los materiales coloreantes no son en sí nocivos, únicamente le dan un aspecto desagradable. También los norteamericanos han ideado una escala para medir el color del agua, empleando el procedimiento del platino-cobalto. Para esto aplican una disolución de clopatinato de potasa y cloruro cobaltoso, con lo que se obtienen soluciones coloreadas de las que dan el número 500 a las que corresponden 500 miligramos de platino. Así se hacen patrones con los que se comparan las aguas llevándolas al laboratorio y colocándolas en tubos de cristal de 20 centímetros de altura, que se colocan sobre fondo blanco, haciéndose la comparación con el patrón que presenta la misma coloración. Pero esto no puede practicarse en el campo, y se han hecho unos discos teñidos con colores que corresponden a esas graduaciones, con lo que se consigue el mismo objeto. Si no diera bastante la escala de color, entonces, en lugar de observar 20 centímetros de agua, se reduce a la mitad o la cuarta parte, o sea 10 centímetros o 5 centímetros, respectivamente.

OLOR Y SABOR. Otros caracteres del agua son: el olor y el sabor. Son desagradables y las hacen repugnantes y únicamente por hábito se pueden tolerar. Estos caracteres del agua pueden considerarse como indicios de contaminación, aunque algunas veces pueden ser producidos por materias que no son perjudiciales para el organismo. Ambos efectos pueden ser producidos: 1° por materias orgánicas; 2° por descomposición de esas materias; 3° por la existencia de organismos vivos. La más corriente de estas causas puede ser la tercera. Se desarrollan estas causas en aguas estancadas, embalses y depósitos de las poblaciones. En el agua de Lozoya se nota cierto sabor y olor, algunas veces debido a una diatomea de forma estrellada, como los radios de una rueda (*Asterionella*). Unas veces dan olor porque lo tienen propio, como lo tiene la menta y otros vegetales, olor que no se nota cuando las diatomeas que lo producen están en pequeñas cantidades; pero si existen en fuertes proporciones, entonces se percibe perfectamente. Otras veces es producido por la existencia de plantas que desprenden unos globulillos de aceite esencial. Antes no se conocían todos estos deta-

XX

- X I I I -

TEMPERATURA DEL AGUA. Otro de los caracteres organolépticos del agua que es preciso tener en cuenta al hacer un abastecimiento o traida de aguas, es la temperatura. Ya digimos que de 7° a 14° el agua es agradable para beberla, y que pasando de 20° resulta desagradable. Estas condiciones de frescura se tienen generalmente en las aguas subterráneas, exceptuándose las termales, y su temperatura difiere poco de la temperatura media del lugar en que se manifiestan los manantiales, temperatura que puede ser constante o variable, según la profundidad del manantial; a 4 m. la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura, es de 4°; a 8 metros de profundidad es de 1°; a 25 metros se mantiene constante, y más abajo se encuentran ya las aguas termales. Este estudio

puede dar indicaciones sobre la procedencia del agua de los manantiales, muy útiles para juzgar de la salubridad. Si observamos en el manantial grandes variaciones de temperatura, se tendrá esto muy en cuenta, pues es indicio seguro de que sus aguas son superficiales, se mezclan con aguas superficiales o tienen un recorrido subterráneo pequeño, insuficiente para que sufran una filtración eficaz, y si las aguas estaban contaminadas, pudieran estarlo también al salir en forma de manantial. Este es un carácter de las aguas manales muy de temer y es análogo al de la turbiedad, esto es, que puede ser peligroso y no serlo, según las circunstancias que concurren en su determinación.

Las aguas superficiales, no se encuentran siempre frescas, porque están en contacto con el aire exterior y sufren la acción directa de los rayos del sol y las variaciones del ambiente, aunque con cierto retraso, debido a la propagación lenta del calor. Estas variaciones, si las representamos por curvas, veremos que las del aire y las del agua no marchan paralelas, no ya por el citado retraso, sino por otras causas, pues puede ser la temperatura del ambiente muy por debajo de cero y el agua no estar a es-

ta temperatura, formándose cuando más una capa de hielo superficial, que sirve como de abrigo al resto de la masa líquida, que tendrá una temperatura por encima de cero grados.

Los rios son alimentados por manantiales y el agua de las escorrentías; si los manantiales son abundantes, la temperatura de sus aguas es más constante; su cauce siempre perenne, aunque variable, y la frescura de sus aguas se acentúa cuanto más nos aproximamos a las fuentes que lo alimentan, al mismo tiempo que disminuyen los peligros de contaminación. Por estas razones debe hacerse la toma para un abastecimiento todo lo más próximo que las circunstancias permitan del origen del rio.

En los lagos y pantanos, en los que la profundidad del agua es mayor, las variaciones de temperatura son menores que en los rios. Existen lagos y pantanos artificiales, y entre los últimos podemos citar el construido en el valle del Lozoya de 22 millones de metros cúbicos, para el abastecimiento de Madrid; embalse regulador que almacena en las épocas en que el caudal es abundante la cantidad de agua necesaria para completar durante el estiaje la dotación del abastecimiento.

En estos lagos o embalses, hemos dicho que son menores las variaciones de temperatura, por estar sus aguas tranquilas, excepción hecha de ciertas épocas del año, y por tener el agua su máxima densidad a los 4° de temperatura. Supongamos que se trata del verano y que tenemos un gran embalse; la temperatura de sus aguas será distinta según la profundidad, estando, por decirlo así, estratificadas por orden de densidades, y de los distintos estratos, los de la superficie tendrán la mayor temperatura y la menor los de fondo. Cuando se aproxima el invierno la temperatura desciende, pero continúa la estratificación, hasta que en la superficie la temperatura es de 4° lo mismo que en el fondo, estableciéndose un estado de inestabilidad y alterándose el equilibrio, desde el momento en que baje todavía más la temperatura, pues resulta que la de la superficie es más baja que en el fondo que permanece a 4° . Al llegar la primavera, cambia la estratificación en sentido inverso, viéndose por estos razonamientos que es conveniente tomar el agua por la parte inferior, con lo que se consiguen temperaturas más agradables; sin embargo, deben hacerse estudios o ensayos para conocer la temperatura a distin-

tas profundidades, para poner la toma donde más convenga, tratándose como venimos suponiendo, de grandes espesores. Estos ensayos se hacen con termómetros algo perezosos, al objeto de no alterar profundamente los resultados, lo que se consigue envolviendo la ampolla del mercurio con sustancias malas conductoras del calor. En los grandes embalses, puede emplearse el termófono, fundado en que los metales no ofrecen todos la misma resistencia al paso de la corriente eléctrica y con la temperatura varían las resistencias de diversa manera en unos que en otros. Fundándose en esto, se ha construido una especie de puente de Weastone, en el que dos de sus brazos están formados por metales diferentes, que se introducen en el agua a profundidades diferentes; se unen convenientemente las pilas y en lugar de un galvanómetro se emplea un teléfono; la resistencia variable va graduada de manera que al hacerla variar, una aguja vaya marcando grados de temperatura. Introduciendo el puente a una cierta profundidad, se observa si el teléfono hace ruido, en cuyo caso se manobra la resistencia variable hasta que desaparezca, y entonces se hace la lectura. Este procedimiento se emplea en los Estados Unidos.

CARACTERES QUÍMICOS. No basta que el agua sea agradable por sus caracteres organolépticos, esto es, que sea fresca, incolora, inodora, etc., sino que es preciso que reúna además otras condiciones. Para conocer sus caracteres químicos, se hacen ensayos en los Laboratorios, no con el objeto de determinar todos los cuerpos que contiene y sus proporciones, sino con el de averiguar su grado de potabilidad, pues el agua lleva en suspensión y en disolución infinidad de substancias y su determinación sería interminable, además de no ser necesario. El agua pura no existe en la Naturaleza pues ni aún la de lluvia lo es, en virtud de las partículas y gases que disuelve al atravesar las capas atmosféricas.

Estas aguas no tienen la misma composición en el mar que en el litoral; ni en el campo raso tienen la misma que en una población, ni aún dentro de dos poblaciones en las que por múltiples circunstancias pueden variar las dosis de las substancias extrañas que la atmósfera puede contener.

La mineralización de las aguas de lluvia es pequeña, la menor de todas las aguas; en cambio las subterráneas son las más mineralizadas, porque las que se van a utilizar

para un abastecimiento, aparte del curso subterráneo que hayan podido traer, después de salir a la superficie, recorren un trecho más o menos largo y en él pueden encontrar una diversidad de terrenos, en los que disolverán sustancias diversas, a no ser que esos terrenos no lleven sustancias solubles, en cuyo caso las aguas saldrán bastante puras. Si los terrenos que constituyen el lecho del río son abundantes en yeso, las aguas resultan selenitosas, que son perjudiciales para beber y para otros muchos usos. En cambio, si esos terrenos son graníticos, el agua sufre una pequeña mineralización. Todo esto depende también de la profundidad, pues cuanto más profundas vayan las aguas en su marcha subterránea, mayores son su temperatura y la presión, condiciones ambas, que influyen en las solubilidad.

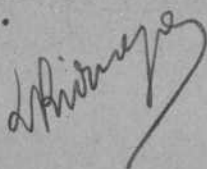
Las aguas superficiales no están tan mineralizadas como las subterráneas, ni tan puras como las de lluvia; están constituidas por aguas de manantial y de lluvia y su mineralización depende también de la naturaleza de los terrenos que recorren. Además están expuestas a variaciones en su composición, que pueden ser un grave peligro; así cuando pasan por poblado, pueden recibir aportacio-

nes de aguas sucias procedentes de industrias, aumentando la cantidad de materia orgánica que, como sabemos, es terreno adecuado para el desarrollo microbiano. Por todo esto son más peligrosas las aguas superficiales, siendo de gran importancia determinar en los análisis, la cantidad de materia orgánica que llevan. Pues bien, es necesario hacer este ensayo para comparar las condiciones de potabilidad, y para ello, el Ingeniero coge muestras y las manda al Laboratorio. Estas muestras se cogen en las condiciones en que se han de encontrar después de haber hecho todas las obras del abastecimiento, esto es, tal y como llegarán a la población en que se han de consumir, pues si no se hace así, se falsearán los resultados que mandan del Laboratorio, que el Ingeniero debe saber interpretar.

La cantidad de agua que se necesita para un ensayo, es de 8 a 10 litros, que conviene llevar en vasijas que no alteren la composición del agua; deben ser nuevas y bien lavadas unas cuantas veces con el agua que se ha de analizar. Es preciso tomar estas precauciones, porque bastaría una pequeñísima cantidad de materia orgánica, que tuviera la vasija, para que en el Laboratorio nos

dijesen que el agua era mala. Se llenan las vasijas, dejando un pequeño espacio de aire entre el agua y el tapón, que debe ser de corcho nuevo. Este corcho, no debe lacrase y si es recomendable ponerle un trapo nuevo que se ata al cuello, para que no salte el tapón, y puede precintarse con un sello de lacre si se cree necesario. Para la dosificación de la materia orgánica, conviene tomar muestra aparte en una botella de un litro, nueva, y es necesario lavarla con el agua que se va a ensayar y además con ácido sulfúrico, después con permanganato potásico y finalmente con agua destilada, pues la materia orgánica se mide por miligramos y de esta manera queda desprovista de materia orgánica la vasija. El tapón debe ser de cristal esmerilado. Estas precauciones son importantes, pues, repetimos, que sucede con frecuencia que muestras que son buenas, en el Laboratorio las consideran como malas, por la cantidad de materia orgánica y amoníaco que llevan. En el Laboratorio no deben estar detenidas mucho tiempo las muestras, pues su composición varía mucho con el tiempo.

Veamos las dosificaciones que se hacen en estos ensayos.

A handwritten signature in dark ink, appearing to be 'A. H. ...', is written at the bottom right of the page.

Residuo fijo o residuo a 100°.

Pérdida al fuego.

Dureza.

Cloro.

Nitritos.

Nitratos.

Amoniaco libre.

Amoniaco albuminoide.

Materia orgánica.

Alúmina.

Fosfatos.

Cal y Magnesia.

Sulfatos.

Gases disueltos.

El residuo fijo que se obtiene evaporando el agua, se admite que no debe pasar de 500 miligramos por litro.

La pérdida al fuego se obtiene calcinando al rojo el residuo fijo y comparando los pesos antes y después de la calcinación, se deduce por diferencia dicha pérdida, que no debe pasar de 60 a 70 miligramos por litro. Esta dosificación no es de gran valor para juzgar de la bondad de las aguas, pues no es cierto que esa diferencia corresponda toda a pérdida de materia orgánica, una vez que en la calcinación puede haber desprendimiento de gases y pérdida de agua de crista-

lización.

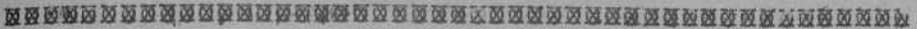
DUREZA. La dureza puede ser total y permanente. La total se obtiene del agua, en las condiciones normales en que se presenta, y la permanente, después de la ebullición, no siendo iguales, puesto que al hervir hay precipitaciones. Este ensayo es el llamado hidrotimétrico, siendo preciso distinguir los grados franceses de los alemanes y de los ingleses; éstos son los más corrientes y su relación es la siguiente:

Un grado francés igual a 0,56 grados alemanes o igual a 0,7 grados ingleses.

No se puede fijar límites a la dureza, esto es, no se puede decir hasta tantos grados hidrotimétricos el agua es mala y hasta tantos otros es buena. Hay pueblos que están acostumbrados a beber aguas muy duras, y no les pasa nada; lo que sí resulta es, que cuando son duras, son malas para el abastecimiento, porque chocan mal las legumbres y no se puede hacer el clásico cocido, pues las sales que en exceso lleva el agua, rodean los garbanzos de una costra que no les permite cocer bien; además, corta el jabón y hasta que no se saturan las sales con el jabón no sale espuma, observándose por esto que el lavado de la ropa nos da idea de la du-

za de las aguas. Las aguas duras son malas para la alimentación de las calderas de vapor, por las incrustaciones que en ellas determinan, que a más de ser peligrosas, hacen gastar mas carbón y dinero en desincrustantes. En sí no son peligrosas, pero tienen todos estos inconvenientes. Además pueden dar incrustaciones en las cañerías y en los cierres de las llaves.

---:--:--:--:--:--:--:--:--:--:--:--:--:--:--:--:--



- X I V -

CLORO. Otro elemento cuya determinación es de gran importancia al hacer el análisis químico del agua, es el cloro. Una gran proporción de cloro, nos hará sospechar del agua que lo contenga, pues puede ser indicio de que está contaminada por materias fecales, en las que abunda el cloro de sodio; nosotros lo gastamos para condimentar los alimentos y cuando se presenta en abundancia, cabe el sospechar que el agua está contaminada por los residuos que elimina nuestro organismo. Pero también puede proceder de los terrenos por donde pasa el agua, en cuyo caso no es perjudicial, por consiguiente, la presencia de cloro abundante en el agua, es únicamente perjudicial, cuando procede de haberse mezclado con aguas de alcantarilla, en las que van todas esas materias fecales. Ahora, cuando el cloro se presenta en gran cantidad aso-

ciado con amoniaco, nitritos y nitratos, entonces si que es probable la contaminación. Junto al mar las aguas tienen dosis de cloro más elevadas que en el interior.

NITRITOS Y NITRATOS. Pueden provenir de ciertas rocas, pero lo corriente es que sean resultado de la descomposición de la materia orgánica y entonces son indicio de contaminación. El proceso de la nitrificación da microbios que oxidan la materia orgánica y por esta combustión o descomposición aeróbica, se produce amoniaco, oxidándose éste da lugar a los ácidos nitroso y nítrico, los que a su vez se combinan con las sales alcalinas que lleva el agua, produciendo los nitritos y los nitratos. Los nitratos no se derivan de los nitritos por oxidación, sino que se producen directamente por los microbios nitrificadores de los que unos forman nitritos y otros nitratos, como si hubiese dos clase de microbios nitrificadores. El que no haya nitritos no prueba nada; si se encuentran solamente nitritos y nitratos, puede ser indicio de que haya existido depuración, pero si además van acompañados de cloro y amoniaco, seguramente hubo contaminación. Las aguas subte-

rráneas, según los terrenos, pueden llevar nitratos, los que pueden ser reducidos por sales ferrosas que pasan a férricas, formándose a la vez nitritos.

AMONIACO. En las dosificaciones se determina el amoniaco libre y el albuminoide. El amoniaco libre, es el que existe en el agua y el albuminoide resulta de la descomposición de la materia orgánica. Puede proceder de los terrenos turbosos en aguas profundas, por la reducción de los nitratos por el sulfuro de hierro. Cuando es abundante y no proviene de materia orgánica, el residuo fijo y el cloro se presentan en muy pequeñas dosis, pero cuando resulta de la contaminación de las aguas, aumenta la proporción de esos elementos. Si existe amoniaco libre y no se presentan cloruros, es que proviene de materia orgánica vegetal, y cuando va acompañado de cloruros, de materia orgánica animal; en el primer caso, no hay inconveniente de ningún género y no debe darse el agua por mala, pero en el segundo caso, en que va asociado con cloruros, las aguas son peligrosas.

MATERIA ORGÁNICA. Bajo esta denominación, se comprenden una infinidad de substancias de origen vegetal y animal, organi-

zadas o desorganizadas, unas nocivas y otras inofensivas, según su naturaleza y procedencia. El análisis químico no hace más que determinar en conjunto todas esas materias y se hace indispensable el ensayo biológico para aquilatar un poco más.

El análisis químico, expresa la materia orgánica determinada en oxígeno consumido para quemar la cantidad contenida en un litro de agua. Según el cuadro que existe en los Laboratorios, el agua para que sea buena, no debe consumir más de un milígramo de oxígeno por litro. En las que provienen de terrenos abundantes de detritus vegetales el oxígeno consumido puede ser mucho mayor, sin que por esto sean malas, lo que debe tener en cuenta el Ingeniero, al interpretar los resultados que manden del Laboratorio.

Se puede distinguir si la materia orgánica es vegetal o animal, por la forma de quemar el oxígeno, pues varía según que las operaciones se hagan en solución ácida o en solución alcalina; si absorbe más oxígeno por la vía ácida que por la vía alcalina, la materia orgánica es de origen vegetal, y de origen animal cuando sucede lo contrario. Se citan cifras de los cuadros de los Laboratorios, en los que dice, que cuando la mate-

ria orgánica pasa de tal cantidad, el agua que la contiene es mala, pues aún cuando no sea mala en sí, puede ser apropiado para el desarrollo de microbios.

ALÚMINA. Esta substancia, en los ensayos corrientes no se determina, pero sí cuando el agua procede de los filtros americanos, en los cuales se usa el sulfato de aluminio como coagulante, que produce un precipitado insoluble, que arrastra la materia orgánica en suspensión. Es necesario que no se gaste más alumbre que el necesario para precipitar la materia orgánica y las aguas después de filtradas no deben contener alúmina, y si la contiene, debe ser en proporciones insignificantes, siendo para esto lo que se hace esta parte del análisis químico.

FOSFATOS. Pueden provenir de los terrenos y entonces la proporción es pequeña, pero cuando es grande, es síntoma de contaminación por materias fecales, orinas y residuos industriales, o sea, por aguas de alcantarillas.

CAL Y MAGNESIA. No se conoce bien el efecto que produce la cal, pero su presencia en el agua, se cree que es beneficiosa por ser necesaria para el desarrollo de los huesos. Hasta ahora no se han determinado las

proporciones más convenientes que deben llevar las aguas; diremos lo que se dijo al hablar de las de la dureza de las aguas, que se pueden soportar proporciones variables, según la costumbre, y aún se puede aclimatar uno, a tomar aguas bastante cargadas de sal, que estuviera acostumbrado a beber aguas poco calizas, sin que esto quiera decir que el cambio de aguas no pueda resultar nocivo.

Otro tanto puede decirse de la magnesia. Cuando se presenta en pequeñas dosis, produce efectos laxantes, que si son ligeros no es mala cualidad la de las aguas que la contienen pero si se encuentra en grandes dosis, las aguas son purgantes y malas.

SULFATOS. El ácido sulfúrico puede provenir de los terrenos yesosos, o de terrenos que contengan piritas que por oxidación se convierten en sulfatos, o por contaminación producida por materias fecales. Si contienen mucho yeso, se llaman aguas selenitosas, que son malas, como sabemos.

GASES DISUELTOS. Lo que se determina primero es el oxígeno disuelto. El agua disuelve oxígeno y nitrógeno en proporciones variables, con la presión a que está sometida y con su temperatura; si el oxígeno se encuentra en proporción menor que la debida,

Las pruebas de la existencia de microbios que lo consumen. En las aguas de las alcantarillas no hay oxígeno, pues el que tiende a entrar por la superficie en contacto con el aire, es consumido inmediatamente por los microbios. En los ríos, las proporciones de oxígeno aguas arriba y aguas abajo de los desagüaderos de las poblaciones, son muy distintas y aún cuando en ellos existe la autodepuración, merced a ciertos microbios, las aguas no están depuradas más que después de haber recorrido respetables distancias.

Además se hacen ensayos, para ver si contienen metales tóxicos, plomo, arsénico, y sales ferrosas, que aún cuando no sean peligrosas, no sirven para el lavado de ropas, porque manchan.

Para tener una idea de las dosis admitidas, consignamos el siguiente cuadro del Comité consultivo de higiene, de Francia:

	MUY PURA mgr. por L.º	POTABLE mgr. por L.º	SOSPECHOSA mgr. por L.º	MALA mgr por L.º
Cloro	menos de 15	menos de 40	50 a 100	mas de 100
Acido sulfúrico	2 a 5	5 a 30	30 a 40	más de 50
Oxg. consumido	menos de 1	1 a 2	3 a 4	más de 4
Pérdida al rojo (Prod. volátiles)	menos de 15	15 a 40	40 a 70	más de 100
	Grado hidr.º	Grado hidr.º	Grado hidr.º	Grado hidr.º
Dureza total	5 a 15	15 a 30	40 a 70	más de 100
id. permanente	2 a 5	5 a 12	12 a 18	más de 20
N.º de bacterias por cm.³	menos de 1000	1000 a 5000	más de 10000	más de 100000

Este cuadro se hizo en Francia y a él se atienden en este país, pero se comprende que es imposible fijar un tipo de comparación para juzgar de la salubridad del agua. Ahora, dentro de una región, se puede hacer un cuadro con los caracteres de las aguas regionales, como resumen de un detallado análisis de las mismas. Además, no hay unidad entre los diversos procedimientos de ensayo que se siguen en los Laboratorios, pues se da el caso, mandar muestras a diferentes Laboratorios y en cada uno dan resultados distintos. Lo corriente es que en el Laboratorio se haga el análisis y con el cuadro a la vista certifiquen por los resultados obtenidos que el agua es o no potable; pero esto no se puede afirmar sin conocer lo más indispensable e importante para juzgar de la bondad de las aguas, que es su historia. Se debe averiguar la procedencia de las aguas, naturaleza de los terrenos que atraviesan, los riesgos de contaminación que pueden existir en su recorrido, para que teniendo en cuenta todas estas circunstancias lleguemos a orientarnos y podamos encontrar las causas que contaminan el agua y planear proyectos de reformas que mejoren la potabilidad de las aguas, evitando todos los peligros de conta-

minación que existen, para lo cual acudiremos a la expropiación, si fuese necesario, y estableceremos zonas de protección.

CARACTERES BIOLÓGICOS DEL AGUA.

Antiguamente solo se tenían en cuenta los caracteres físicos, después se dió mucha importancia a los químicos, y últimamente, con los descubrimientos hechos con el microscopio, se da la mayor importancia a los ensayos biológicos, que sirven para completar los anteriores, distinguiendo si la materia orgánica es de origen vegetal o animal. En el agua puede haber organismos microscópicos y bacterios; de aquí el considerar dos partes en estos análisis, una que se refiere a estudiar con el microscopio los microorganismos sin hacer cultivos especiales, animales ni vegetales, y otra a estudiar los bacterios, estudio que se hace difícilmente con el microscopio siendo preciso hacer cultivos especiales de ellos. Distinguiremos, pues, entre ensayos microscópicos y ensayos bacteriológicos. Los microorganismos son los que dan color y olor al agua y los bacterios la hacen peligrosa.

ENSAYO MICROSCÓPICO. Nos sirve para explicar los resultados del ensayo químico, dando alguna noticia de la procedencia de la

materia orgánica y distinguir si es vegetal o animal, si está formada de organismos vivos o muertos; nos puede indicar también si hay contaminación, no por bacterios patógenos, sino por otras cosas como huevos, larvas, etc., de parásitos que viven en el interior de los animales. De este modo, se estudia con el microscopio el plakton de las aguas, que es el conjunto de todos estos organismos, que pueden conterer.

Entre éstos se encuentran muchísimos, una flora y una fauna interminables, pero solo indicaremos los más importantes y peligrosos: huevos y larvas de endoparásitos del hombre y de los animales, como la tenia o solitaria y otros que viven en los intestinos del hombre, cerdo, perro, etc.; protozoarios, anélidos, etc., entre los que se encuentran los que producen la enfermedad conocida con el nombre de anguilostomiasis, que se presenta entre los mineros y entre los que trabajan en los túneles a temperaturas muy elevadas, conocida también con el nombre de anemia del minero, que se propaga por las heces; y respecto a la flora, citaremos algas verdes, algas pardas, hongos, etc.

Para hacer estos ensayos microscópicos, se necesita ser profesional, siendo pre-

ciso estar versado en estudios biológicos. Se encuentra también con el microscopio materia desorganizada de origen animal y vegetal, como pelos, fibras musculares, fibras de cáñamo, de algodón, etc. Respecto al modo de operar hay un método que consiste en filtrar una determinada cantidad de agua y examinarla al microscopio.

Para filtrar el agua se emplea un vaso (Figura 19) o frasco sin fondo que se coloca invertido,



Fig. 19

invertido, tapando la boca con un tapón de corcho agujereado, que a su vez se tapa con una varilla; encima del tapón un trozo de tela y encima de ésta, arena muy fina hasta el nivel a; la arena hace de filtro y el trapo o tela impide que salga la arena cuando se quita la varilla. Se vierte en este frasco un litro del agua que es objeto de análisis,

se quita la varilla y el agua filtra quedándose lo microorganismos sobre la arena y entre ésta; cuando el nivel del agua llega a una señal b, correspondiente a 5 cm. de agua contando con los huecos de la arena, se



- X V -

EXAMEN BACTERIOLÓGICO. Ya hablamos del examen microscópico del agua y hoy hablaremos del examen bacteriológico. Todas las aguas tienen bacterias; las de lluvia las toman en el aire, las superficiales son las que más tienen y las subterráneas, que deben estar estériles, las recogen a la salida, al ponerse en contacto con el aire. Todas las llevan y estas bacterias pueden ser o no patógenas, habiendo entre ellas algunas sospechosas, de las que no se sabe con seguridad si lo son o no, y otras que sin ser patógenas, pueden pasar en determinadas circunstancias a serlo.

Se comprende bien que el examen bacteriológico sería interminable si hubiésemos de determinar todas las especies diferentes de bacterias que llevan las aguas. Los saprofitos, por ejemplo, no son nocivos, pero su

existencia indica la presencia de materia orgánica, que es campo abonado para el desarrollo de los microbios patógenos. Existen aguas que llevan muchos bacterios y otras con pocos, siendo lo más natural, creer que las primeras son malas y las segundas buenas, más no podemos juzgar de la bondad de las aguas por la proporción de bacterios que contienen, pues se da el caso de que aguas que contienen menos, son peores que otras que contienen más; ejemplo de esto es lo que sucede en Madrid con las aguas de Lozoya, que como superficiales, llevan muchos microbios y la de los Viajes Antiguos pocos, por ser aguas de manantial y sin embargo, las ultimas han producido fiebres tifoideas y las primeras no. No depende, pues, la calidad de las aguas de bacterios que llevan, sino de la calidad de los mismos, sucediendo con esto lo mismo que con el cuadro del examen químico, y el Ingeniero debe saber interpretar los resultados del examen bacteriológico, hecho en los Laboratorios que se dedican a esta clase de trabajos. También se han constituido cuadros clasificando las aguas según el número de colonias que contienen, pero sus indicaciones, repetimos, tienen poco valor.

Pueden encontrarse en el agua ciertos bacterios que no aparecen al hacer el análisis, lo que se explica teniendo en cuenta que se emplean cantidades muy pequeñas de líquido para hacer el ensayo y pudiera ocurrir que no existan en el que se toma. El bacilo de Eberth es difícil de encontrar, por cuya razón cuando no lo acusa el análisis, no se puede afirmar que no exista en las aguas analizadas.

Ya sabemos que esos bacterios son aeróbicos y anaeróbicos y no siendo posible determinarlos todos, por lo pesadísima que resultaría esta operación, se limitan los ensayos bacteriológicos de las aguas a investigar si llevan los patógenos corrientes, que producen las enfermedades hídricas y a contar el número de gérmenes.

Al contrario de lo que sucede en los análisis químicos, el examen cuantitativo es más fácil de hacer que el examen cualitativo, por ser difícil diferenciar los citados patógenos. Desde luego estos ensayos, deben hacerse en un Laboratorio que merezca nuestra confianza, y para el cuantitativo, que es el único que estudiaremos, lo primero que debe hacer el Ingeniero es tomar las muestras.

Al escojer las muestras, deben observarse ciertas precauciones con objeto de que al hacer el análisis se encuentren en análogas condiciones que las aguas del abastecimiento. El mejor procedimiento consiste en conservar las muestras en ampollas esterilizadas en aparatos cerrados (autoclaves) a la presión de 5 atmósferas que corresponde a 120° de temperatura. Se deben someter también a esta temperatura todos los utensilios que se han de emplear en el examen. Para preparar las ampollas, se emplea también otro procedimiento; se coje un matraz con pinzas de madera y se pone en la llama de un mechero Bunsen que da temperaturas superiores a 120°, después se traslada la llama al cuello y cuando se ablanda, se estira, con lo cual se va estrechando y acaba por soldarse, quedando en su interior un vacío relativo en virtud de la dilatación del aire al calentarse. Elejido el punto de toma de las muestras, se introduce la ampolla y al romper el extremo del cuello, entra por el pequeño tubo una cierta cantidad de agua que depende del vacío hecho en su interior y por último se cierra en seguida por medio del mechero o una lámpara de alcohol y el soplete. Todo esto puede hacerse en el campo.

Si no se dispone de estos matraces, se sigue el mismo procedimiento que expusimos al tratar del ensayo químico para mandar las muestras, con la diferencia de emplear un frasco pequeño en lugar de damajuanas o garrafas.

Las muestras se deben enviar en seguida al Laboratorio, tomando las precauciones convenientes, con el fin de no falsear los resultados, pues los microbios están constantemente reproduciéndose. Para evitar ésto, debe hacerse el transporte de modo que el agua se mantenga a 0°, pues a temperaturas bajas los microbios no mueren y se paraliza su desarrollo, consiguiéndose así que no aumenten y queden en el mismo estado en que se pusieron. Esto se consigue metiendo la ampolla en una caja de hojadelata con serrín de corcho y ésta dentro de otra con hielo, que a su vez se mete en otra rellena de serrín de corcho, que es mal conductor de calor; esta última caja se precinta y se manda al Laboratorio. No se pueden hacer en el campo estos ensayos bacteriológicos y es preciso tomar todas estas precauciones.

Como hemos dicho, no hablaremos del ensayo cualitativo, que los hacen los Laboratorios, sometiendo los microbios a culti-

vos especiales, haciendo la siembra en caldos abonados, donde se desarrollan con rapidez, como la gelatina, la leche, etc., y cuando están abundantes los diferencian por los distintos caracteres que presentan dichos cultivos. Pero si hablaremos del ensayo cuantitativo, pues podemos tener necesidad de hacerlo.

Hay aguas impuras que es preciso utilizar de no haber otras y es necesario depurarlas con filtros cuya eficacia se ha de comprobar. Estos filtros tienen que hacerse primero, para lo que necesitan cierto tiempo de funcionamiento hasta que retienen el 99 % de los bacterios, y para saber cuando están hechos, se precisan los ensayos bacteriológicos, que se hacen en un pequeño laboratorio instalado en las proximidades de los filtros. El procedimiento que se emplea, es el siguiente: se cuenta el número de bacterios contenidos en un centímetro cúbico de agua, y como son invisibles, hace falta cultivarlos e introducirlos en un medio sólido,

donde puedan reproducirse aglomerándose las sucesivas generaciones alrededor de cada bacterio, formando colonias, que luego se pueden contar. Para esto se prepara un caldo nutritivo, por ejemplo, de carne puesta en

maceración, y para darle solidez, se mezcla con gelatina líquida, filtrando el conjunto en caliente para que resulte transparente; el caldo se vierte en tubos de ensayo esterilizados, en la proporción de 5 o 6 cm. por tubo, tapándolos con huata para impedir que entren microbios del aire; después se meten los tubos en autoclaves para esterilizarlos y en estas condiciones se pueden conservar todo el tiempo que se quiera. Igualmente deben esterilizarse las pipetas y accesorios que se hayan de utilizar.

Todo esto así preparado, se toma una ampolla, se rompe y con una pipeta graduada se toma 1 cm.³ de agua que se vierte en uno de los tubos preparados, previamente calentado, se agita el conjunto y se vierte en un platillo circular de vidrio de unos 6 cms. de diámetro que tiene un reborde exterior, y para cubrirle se emplea otro platillo de la misma forma y substancia, aunque un poco mayor: ambos platillos deben estar esterilizados.

La gelatina líquida se extiende formando una capa uniforme de 1 mm. de espesor, que se solidifica y con esto queda hecha la siembra.

Observando este disco, al principio

no se ve nada, pero al cabo de unos días, mantenido a la temperatura óptima, se ven aparecer puntos que van haciéndose mayores, tomando formas diferentes, éstas son las colonias bien visibles y por lo tanto en disposición de contarlas. Algunos microbios tienen la propiedad de licuar la gelatina y se desarrollan con tal rapidez, que si nos descuidamos se inutiliza la preparación, y no se pueden contar las colonias. Cada punto es una colonia, una millonada de millones de microbios,

Un disco lleno de puntos es difícil de contar, y para facilitar la operación se graban cuadrículas en mm. en su parte exterior o en sectores. Generalmente se emplean cuadrículas en las que se cuentan las colonias que existen en uno de los cuadros, más como se suelen estar repartidas con uniformidad, lo que se hace es contar las que hay en varios cuadros y deducir un término medio, que multiplicado por el número de cuadros de la cuadrícula, nos da el número de colonias contenidas en 1 cm.³

Se encuentran aguas que tienen tantas colonias que no se pueden contar, y lo que se hace es diluirlas en agua destilada y tomar de la mezcla 1 cm.³ con el que se repite

el experimento, bastando luego multiplicar el resultado por el coeficiente correspondiente de dilución. El procedimiento es sencillo como se ve y se adquiere pronto la práctica necesaria.

En todos los filtros deben existir laboratorios en los que se practiquen ensayos de las aguas, que se toman antes y después de filtradas, juzgándose, por la diferencia de los resultados, de la eficacia de los filtros. En los Laboratorios de bacteriología, por la forma y color de las colonias hacen distinciones importantes; hay colonias redondas, irregulares, otras amarillentas, etc. y por la práctica distinguen perfectamente cual es la colonia del colibacilo, cual la del vibrión colérico, etc. Para hacer el estudio aislado de una colonia, se preparan cultivos en los que se hace la siembra, tomando con un alambre de platino, previamente calentado, elementos de la colonia, que se depositan en el caldo abonado, que no es de gelatina, en el que se emplean determinados reactivos que los tñen y aquí viene la técnica de la Biología, que no necesitamos conocer.

En resumen: es de la mayor importancia averiguar si se encuentran los patógenos

que producen las enfermedades hídricas. Si se acusa la presencia de gérmenes intestinales, existirá contaminación por aguas de alcantarillas. Respecto a la transmisión de epidemias por intermedio del agua, no cabe duda de ningún género, pues se pueden citar numerosos ejemplos.

---:---:---:---:---:---:---:---:---:---

XX

- X V I -

Elegidas las aguas que han de ser utilizadas para el abastecimiento, hay que tomarlas para conducir las, resolviendo el problema de la

CAPTACIÓN Y UTILIZACIÓN DE AGUAS
PARA ABASTECIMIENTOS

Sabemos que se puede utilizar el agua de lluvia, las aguas superficiales y las subterráneas y la manera de resolver este problema en cada caso, es lo que va a ser motivo de nuestro estudio.

AGUA DE LLUVIA. Esta sirve por su calidad, para un abastecimiento, aunque no es del todo pura, pues al pasar por las capas atmosféricas, adquiere microbios; no se puede recoger directamente en depósitos confor-

me cae, puesto que el agua que puede caer en el área de los depósitos, no supone nada y es preciso reunir el agua que cae en grandes extensiones de terreno, que no están siempre limpias y las impurezas que toman al correr por ellas, se suman con las atmosféricas. Estas impurezas se pueden eliminar por sedimentación o por filtración y ya no hay que dudar un momento en cuanto se refiere a la calidad del agua de lluvia, pero no podemos decir otro tanto respecto de la cantidad y solo se pueden utilizar para abastecimientos de poca amplitud, como poblaciones pequeñas, granjas, etc., pues para abastecer poblaciones grandes, se necesitarían grandes extensiones de terreno, lo que no es práctico ni económico. Para darse idea de estos abastecimientos en un apéndice publicamos, con algún detalle, los problemas propuestos como ejercicios de exámenes parciales.

MANERA DE UTILIZARLA. En primer lugar, es preciso conocer el volumen de agua que se necesita para el abastecimiento, y después, hay que determinar la cantidad de lluvia probable durante el año; más como esto no se puede hacer a ojo, es indispensable estudiar el régimen de lluvias de la región.

El pluviómetro nos es sumamente conocido para hacer este estudio, si bien debemos advertir, que este aparato, solo nos da idea de la cantidad de agua caída, que se mide en milímetros, que es lo que necesitamos para hacer el abastecimiento y no nos da idea alguna de la intensidad de lluvia, que es un dato necesario en las obras de saneamiento de poblaciones. Si existe un Observatorio Meteorológico en la localidad, entonces, no necesitamos hacer ensayos, sino que tomaremos los datos precisos del Observatorio, con los cuales determinaremos la lluvia anual en milímetros, durante un periodo de 30 o 40 años y tomaremos la media de todos ellos. Se ha observado que en años abundantes de lluvia, la media de la cantidad de lluvia anual, es vez y media, de la media total.

No basta esto, sino que además necesitamos conocer la repartición de lluvias en los distintos meses, que se determinan de igual modo; con esto tenemos una nota que dirá: Enero, tantos milímetros; Febrero, tantos, etc.

Conocemos ya, el número de metros cúbicos que necesitamos, la lluvia media anual y las medias mensuales; con estos datos calcu-

laremos la superficie de captación y la capacidad de los algibes. Pero no toda el agua que cae se puede recoger, puesto que una parte desaparece por evaporación y otra por imbibición del terreno, dependiendo ésto del modo de llover y se necesita adoptar un coeficiente de reducción, que generalmente es 0,70.

Cuando se va a emplear este sistema de abastecimiento, la dotación que se toma por habitante y día, suele ser de 40 a 50 litros.

Como el consumo se puede considerar constante y la alimentación es variable, el agua que cae en las eras, ya calculadas, es preciso recogerla en unos depósitos, llamados Algibes.

CABIDA DE LOS ALGIBES. El consumo de agua es continuo y no llueve diariamente, por consiguiente, para hacer un cálculo de la capacidad de los algibes, utilizaremos las medias mensuales. Se traza un gráfico, tomando en las horizontales, los meses y en las verticales correspondientes, las lluvias medias mensuales, con lo cual obtenemos una serie de puntos que, unidos por un trazo continuo, nos dan una curva que podemos llamar

de abastecimiento. (1)

Aunque en realidad, el consumo es variable, le supondremos constante y vendrá representado por una horizontal.

Las áreas comprendidas por cada una de estas líneas, las ordenadas extremas y el eje de abscisas, deben ser iguales.

En lugar de utilizar este gráfico para calcular la capacidad de los aljibes, construimos el de la figura 20, que difiere

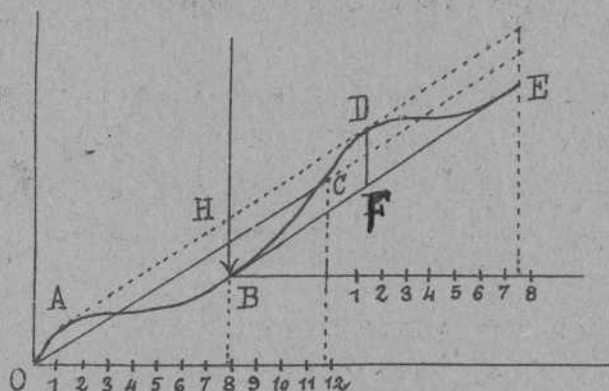


Fig. 20

del anterior en que las ordenadas de éste, no son ya, para la curva de abastecimiento, las medias mensuales, sino la su-

ma de estas medias, y para la del consumo, la suma de los consumos mensuales. Así se tiene para curva de abastecimiento la línea O A B C y para ley de variación del consumo, la recta O C, puesto que a fin de año,

() Ordenadas = $0,7, \alpha \alpha$ siendo α = área de las aras y α = media mensual de agua de lluvia.

el agua consumida debe ser igual al agua recogida.

La diferencia entre las ordenadas de estas dos líneas, nos da, evidentemente, la diferencia entre lo que ha caído y lo que se ha consumido, que es lo que se trata de almacenar en el algibe.

Si comenzamos el abastecimiento en el mes de Enero, llegará un día en que el algibe no tendrá agua, más que cuando llueva, y el servicio quedará constantemente interrumpido, pero si lo comenzamos hacia el final de Agosto, (Figura 20), la curva de abastecimiento será la B C D E, que como se ve, se encuentra constantemente por encima de la recta del consumo, que es lo que debe suceder, para que el agua no falte en el algibe y no se interrumpa el servicio. La curva B C D E se obtiene a partir del punto C, aumentando a la ordenada C 12 en los incrementos de las ordenadas del trazo de la curva O A B, o bien llevando sobre las ordenadas, a partir de la prolongación de la recta O C, la diferencia entre las ordenadas de la curva O A B y la recta O C. Trazando a la curva O A B C las tangentes A H y B F paralelas a la recta de consumo O C, lo son también a la curva B C D E y los triángulos

O C 12 y B E 8, siendo iguales, se tiene que
C 12 = E 8

La diferencia de ordenadas máxima D F nos da, teniendo en cuenta las escalas, la capacidad del algibe. Como D F = H B, se deduce que para hallar la capacidad del algibe, no es preciso construir la curva B C D E, sino que una vez construida la O A B C, basta trazar las tangentes A H y B F paralelas a la recta del consumo y tomar el segmento H B comprendido entre las dos.

Todo esto está fundado en un régimen de lluvias supuesto como probable, y se suele dar al algibe una capacidad un poco mayor que la H B obtenida por medio del gráfico, con objeto de dar cabida en el depósito, al caudal mayor obtenido en años muy lluviosos.

CONSTRUCCIÓN DE ESTAS OBRAS. Vamos a decir algo acerca de la construcción de las obras necesarias para hacer la captación de las aguas de lluvia.

La superficie que recoge las aguas, puede ser la de los tejados y patios de las casas, pero bien se comprende que si se trata de abastecer una población, nada más que de 2.000 habitantes, con una dotación de 25 litros por habitante y día y un régimen anual de 500 milímetros, no será suficiente

la que obtengamos en el caso de la población, y si además queremos tener el agua a presión, necesariamente tendremos que construir eras y algibes en lugares altos, en cuyo caso no podremos recoger el agua de los tejados, pues el algibe tendría que estar más bajo que las casas de la población.

Hay que dar pendiente a las eras, lo suficientemente marcada para que corra bien el agua, de modo que vaya a parar al canal que la conduce a un depósito de sedimentación y de aquí al algibe. La superficie de la era debe ser impermeable; el asfalto es caro por cuya razón se emplean empedrados o enlosados, revestidos con mortero hidráulico. En el caso en que se empleen empedrados sobre arcilla, aunque son muy económicos, se pierde mucha agua y se necesita por consiguiente mayor superficie de captación.

El algibe es un depósito de fábrica impermeable, que suele estar enterrado, siendo lo más empleado la mampostería hidráulica con los paramentos enlucidos, y en cuanto a su forma, pueden tener la que le queramos dar. No deben ser muy profundos estos depósitos, puesto que la presión del agua aumenta con la profundidad y cuanto más profundidad, mayores serán los escapes, que es pre-

ciso evitar por todos los medios disponibles; la profundidad máxima suele ser de 3 a 4 metros. Deben tener una entrada para efectuar la limpieza, un desagüe de fondo para vaciarlos en caso de necesidad y un aliviadero de superficie o sobrero, que puede estar en el mismo canal. La cubierta varía con la forma del algibe.



- X V I I -

Terminamos el último día hablando de la construcción de los algibes y hoy vamos a decir algo de los

ALGIBES FILTRANTES. Las aguas de lluvia, cuando se recogen al raso, no llevan más que los microbios que hayan podido tomar del aire, pero en las eras donde caen, no se puede impedir que se depositen polvo, insectos, etc., y se debe procurar purificarlas. Para conseguir esto, en los algibes pequeños de las casas, no se dejan entrar las primeras aguas, que son las más sucias, hasta que los tejados y los patios están bien limpios, pero lo mejor es hacer algibes filtrantes, de los que presentamos dos ejemplos.

El de la figura 21, representa un modelo muy usado en Venecia y se construye haciendo una excavación en forma de tronco de pirámide, dando a las paredes el talud nece-

sario para que se sostengan. Las paredes y el fondo de estas cavidades, se recubren con arcilla, que en Venecia se amasaba bien y se hacian con ella bolas que se tiraban con fuerza a las paredes. En el fondo se colocan una o varias losas que sirven de cimiento.

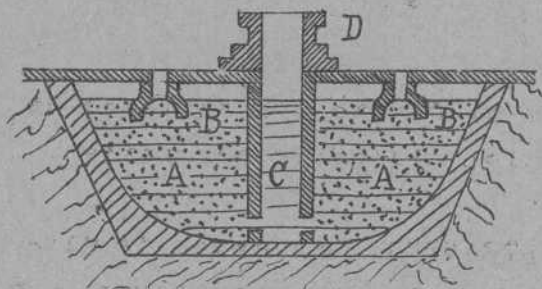


Fig. 21

El cilindro C se construye de ladrillo y en su parte inferior se dejan unos mechinales para la entrada del agua. El espacio A

se rellena de arena hasta cierta altura y sobre la arena se construyen las tajetas B que se cubren con losa o bóvedas de ladrillo; estas tajetas son sin fondo, o mejor dicho, con fondo permeable y tienen por objeto recoger el agua de lluvia, mediante la disposición que se indica en la figura 22, que

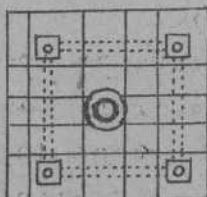


Fig. 22

es un enlosado con cuatro orificios por los que el agua pasa al pozo. El algibe se recubre con tierra y luego se enlosa, no quedando visibles más que los orificios citados y el

brocal D por donde se saca el agua; ésta llega a las tajetas, se filtra en la arena y por los mechinales pasa a G.

El agua se puede sacar con cubos, aunque no debe hacerse así, pues al soltar el cubo amarrado a una cuerda, no se sumerge más que agitándole desde fuera, con lo cual el agua se remueve, y como siempre hay sedimentos que llevan materia orgánica, se revuelven los posos, a más de que los cubos se dejan en el suelo y al meterlos ensucian el agua del algibe. Debe establecerse una bomba y tapar el brocal, dejando solo el orificio para el paso del tubo de toma y aspiración cuyo extremo termina en una bola, cebolla o alcachofa, que no debe estar en contacto con el fondo, sino algo más alta, con el fin de no aspirar los sedimentos; así el agua no sale sucia y se evita que por el brocal puedan caer objetos al algibe.

La figura 23 representa otro tipo de algibe, de planta rectangular; A es el algibe propiamente dicho, cubierto por una bóveda y a él va a parar el agua directamente; a es un canal llamado afenero, en el que se depositan los sedimentos; b es un mechinal por el que pasa al filtro B, que es un pozo en cuya parte inferior hay arena de diversos

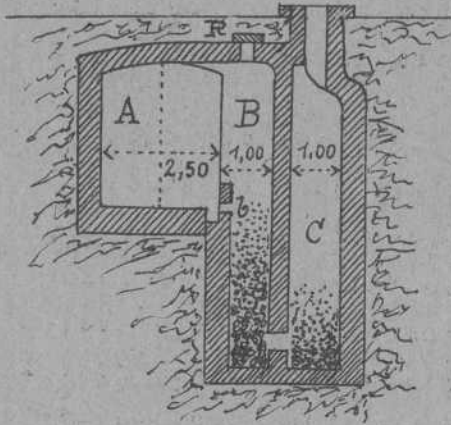


Fig. 23

tamaños, dispuestas en capas por orden de densidades y comunica por el mechnal c. con el depósito C, en cuyo fondo se ponen guijarros y gravilla, que detienen la arena, en la disposición indicada en la figura; D es el brocal por donde se saca el agua y R un registro para poder limpiar y cambiar la arena cuando haga falta, y como se usa poco, se tapa bien para evitar comunicaciones con el exterior. El conjunto se cubre con tierra y se enlosa como en el caso anterior. No conviene pasar de 3 o 4 metros de profundidad. Conociendo la capacidad que debe tener el algibe, el Ingeniero estudiará lo que más conviene hacer, buscando en todos los casos la solución más económica.

En el pozo filtrante, a veces se ponen capas alternadas de arena y carbón; nosotros diremos que no se deben emplear más que materiales completamente inertes, como

lo es la arena. El carbón es un buen terreno para el cultivo de microbios.

En la parte superior, se colocan los mecinales, el brocal y las bombas de aspiración y de aquí arrancan las cañerías, como en otra distribución cualquiera.

Esto resulta práctico, como hemos dicho, para poblaciones pequeñas, estaciones de ferrocarril, faros, granjas, etc.

UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS SUPERFICIALES. Seguiremos la misma marcha que para las aguas de lluvia, determinando su calidad, la cantidad necesaria y la manera de conducir las. Estas aguas son más mineralizadas que las de lluvia y su calidad y composición ya la conocemos.

En España no se pueden utilizar las aguas de lagos naturales, porque no existen, pero sí se construyen artificiales. Estas aguas proceden de las escorrentías de manantiales visibles e invisibles, que mezclándose todas, resulta un conjunto bastante aceptable para abastecimientos, en cuanto se refiere a su composición química. Respecto a las otras condiciones que deben reunir para que sean buenas, ya no sucede lo mismo; carecen de limpieza y frescura, por estar en contacto con el aire y sufrir las varia-

ciones de temperatura del ambiente; son solo limpias, cuando el tiempo es seco y en las proximidades del origen; es preciso, pues, corregirlas de estos defectos.

Respecto a pureza biológica, las aguas superficiales son las que más expuestas están a contaminaciones, pues recogen todas las impurezas del terreno y además las aguas sucias, pero son las que más se utilizan, porque los cursos de agua superficiales, son los que más caudal llevan, en general suficiente para realizar los grandes abastecimientos que no se pueden llevar a efecto con aguas de lluvia o de manantiales.

Hay que captar las aguas en los puntos en que haya menos peligro de contaminación, buscando si cabe los afluentes y expropiando grandes zonas de protección, contra las posibles contaminaciones.

La cantidad de agua que llevan los cursos superficiales, se determina haciendo lo que se llama aforos; éstos deben ejecutarse, principalmente, no en las máximas crecidas, sino en la época del estiaje, que puede tener lugar lo mismo en el verano que en el invierno; a los ríos que tienen el estiaje en el invierno, se les nombra Hiemales y son alimentados por nieves.

Tenemos que conocer bien el régimen del río, determinando con bastante precisión su caudal medio y con qué caudal podemos contar durante el estiaje. Podrá suceder que el caudal del estiaje no nos dé la cantidad de agua suficiente para el abastecimiento, que es lo que ocurre con el Lozoya, siendo entonces preciso construir los que se llaman pantanos reguladores, en los que se almacena el exceso de agua que trae el río en épocas de gran abundancia. En estos embalses, mejoran las condiciones del agua, puesto que se depositan las materias que lleva en suspensión y se hacen más limpias y frescas; mejoran también las condiciones biológicas, porque los bacilos de Eberth, etc., viven poco en el agua y acaban por desaparecer, y de la pureza química, no hay nada que decir.

También se suelen hacer embalses para elevar el nivel del agua en la toma. El embalse de Lozoya, de 22 millones de metros cúbicos, cuando se vacía se limpia, y en el mes de Marzo, según la cantidad de nieve que haya en la Sierra, se cierran las compuertas para que se llene.

---:---:---:---:---:---:---:---



- X V I I I -

Nos quedamos hablando el último día de las aguas superficiales, desde el punto de vista de su utilización, y decíamos, que eran buenas en general, por lo que se refiere a su composición química, pero que tenían el peligro de contaminación, por lo que es preciso acudir al procedimiento de depurarlas, siempre que no se pueda defender la cuenca del río contra los peligros de la contaminación.

Cuando se toman las aguas de un río, con el objeto que venimos estudiando, puede suceder que siempre lleve caudal sobrado o que unos meses traiga caudal suficiente e insuficiente en otros, por cuya razón, es indispensable conocer el régimen del río y para esto se hacen aforos.

Cuando se trata de caudales pequeños se pueden hacer los aforos por medio de ver-

tederos en pared delgada, para lo cual basta disponer de un tablon, figura 24, en el

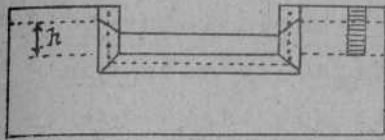


Fig. 24

que se hace una escotadura, en la que se clava una chapa de hojalata. Debe procurarse que aguas arriba,

el ancho del cauce sea por lo menos tres veces el del vertedero, para que pueda despreciarse la velocidad del agua. Se dispone una escala para medir la altura h que entra en las fórmulas, debiendo tener cuidado de no confundir la altura h con la h' la lámina vertiente, sufre una contracción al pasar por el vertedero y la altura h disminuye notablemente, según se ve más claramente en la figura 25 que representa una sección del

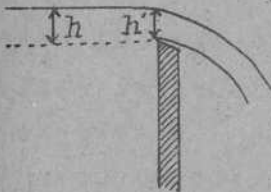


Fig. 25

vertedero por un plano de perfil. El vertedero puede ser anegado, si el nivel de aguas abajo es superior al del borde del vertedero, figura 26. En cada caso se emplea la fórmula correspondiente.

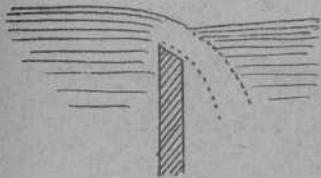


Fig. 26

Para colocar el vertedero, se suele hacer una especie de presa con

piedras, tepes, arcilla y en el centro se coloca el tablón.

Cuando se trata de rios importantes, los aforos se hacen, determinando la sección del rio, por medio de perfiles tomados con mucho cuidado y midiendo la velocidad del agua con flotadores o molinetes hidráulicos.

Con estos aforos sabremos el caudal disponible y puede suceder que siempre sobre agua o que falte en determinadas ocasiones. En este segundo caso, hay que hacer un embalse en un sitio próximo a la toma, en el que se pueda cimentar bien, con suelo impermeable y que sea estrecho, con pendiente aguas arriba para que se pueda almacenar el agua necesaria con obras lo más baratas posible; naturalmente este embalse se tiene que situar aguas arriba de la toma. El embalse tiene por objeto proporcionar al canal de conducción, durante el estiaje, el suplemento de agua necesario para que el abastecimiento se haga en las condiciones supuestas y se calcula por un procedimiento análogo al seguido para obtener la capacidad de los aljibes.

CÁLCULO DE LOS EMBALSES. Conocido el régimen del rio, habremos calculado los caudales medios mensuales y con estos datos

tal hecho durante el año, que nosotros habremos calculado teniendo en cuenta, el número de habitantes de la población que se trata de abastecer. La curva de abastecimiento dibujada en la figura 27, es la de un río hielal, que tiene su estiaje durante el invierno y el otoño y bien se ve que a fin de año resulta un volumen de agua representado por C D, que se ha marchado río abajo, dado por la expresión

$$N' - N$$

siendo N' el número de metros cúbicos de agua que han bajado por el río durante el año y N el número de metros cúbicos consumido en el abastecimiento de la población.

Se necesita hacer uso del embalse, en los meses 1, 2, 3, 9, 10, 11, 12, que corresponde al estiaje del río y para los cuales se verifica que la inclinación de la curva de abastecimiento es menor que la de la recta del consumo. Claro está que si empezamos el abastecimiento en el mes de Enero, el río lleva menos agua de la que se consume, y como el embalse estará vacío, no se puede proveer toda el agua necesaria para los servicios de la población, pero si comenzamos en el punto A, a partir del cual la inclinación de la curva de abastecimien-

to es mayor que la de la recta del consumo, entonces, la primera queda siempre por encima de la segunda y la población no carecerá de agua, siempre que el embalse esté bien calculado.

Cada día del año tenemos una diferencia entre el volumen de agua que ha pasado por el río y el volumen que hemos consumido, que viene dada por la diferencia entre las ordenadas de las líneas A B C E y A F. Si los extremos E y F de dichas líneas coincidiesen, entonces aprovecharíamos todo el caudal de río; para hacer el abastecimiento, tendríamos que almacenar dichas diferencias de volúmenes de agua, y por consiguiente, la capacidad del embalse estaría dada por la máxima de dichas diferencias B I, pero como en este caso, el río lleva más agua de la que se necesita, tendremos que restar de B I, el volumen de agua E F no utilizado. La capacidad del embalse está dada, pues, por la diferencia:

$$B I - E F = B I - H I = B H$$

De las construcciones hechas para dibujar el diagrama, se deduce fácilmente que

$$O m = D n = A P$$

Y de estas consideraciones deducimos la manera más rápida de proceder para hallar la ca-

capacidad del embalse, es la siguiente:

Con los caudales medios mensuales dibujamos en la forma dicha, la curva O A B C de abastecimiento; con el número de metros cúbicos de agua que consume la población al año, llevado en 12 D, se traza la recta O D del consumo; trazando a la curva de abastecimiento las tangentes paralelas a dicha recta O D, es suficiente llevar en C m la magnitud A P y por m trazar la paralela m H a O D, para tener en B H la magnitud que nos representa la cabida del embalse. También se puede obtener, restando directamente de B I la magnitud conocida H I = E F = C D. En ambos casos como se ve, no hemos tenido necesidad de construir el trozo de curva C E, que solo lo hemos dibujado para llegar a estas conclusiones.

Se da al embalse una capacidad mayor de la calculada, en previsión de años de pocas lluvias.

Hay ocasiones en que conviene hacer presas en el río, para elevar su nivel y hacer la toma en puntos que nos ahorren unos cuantos kilómetros de canal, que además habría que construirlos en terreno que probablemente reuniría malas condiciones. En este caso no hay que tener en cuenta la cabi-

da de este embalse. Todo esto es suponiendo que llegamos al punto de la toma nivelando, no que se parta de él, puesto que en las proximidades de la población, escojeremos el sitio en el que se ha de situar el depósito y de aquí con pendiente uniforme buscaremos el río y en el punto de encuentro se hace la toma.

Como el canal no ha de llevar, en determinadas épocas más que una parte del caudal del río, las presas tienen unos aliviaderos de costado, con el objeto de que el agua sobrante no salte por la coronación de la presa, a no ser que ésta se haya calculado para que sirva de vertedero. Las presas de toma, por lo general, no necesitan más de 1 a 2 metros de altura y no se calculan sino que se construyen de modo que soporten bien la acción dinámica del agua, una vez que la presión estática es muy pequeña y los espesores deducidos del cálculo serían insuficientes para contrarrestar la acción destructora del agua en los vertederos.

Es raro que se puedan hacer tomas sin tener que construir presas; los ríos de régimen establecido, que sufren pocas variaciones, como sucede en las partes bajas, ya próximas a desembocar en el mar, tienen en sus

borillas remansos en los que se pueden hacer derivaciones de agua directamente.

Quando se trata de elevar las aguas por medio de bombas, se suele hacer la toma en el rio, por medio de un tubo colocado en el centro, convenientemente protegido y con la boca en el sentido de aguas abajo para evitar que se ciegue. Otras veces se construye una presa pequeña y un canal con el fin de disminuir todo lo posible la longitud del tubo de aspiración, que a ser posible se debe poner vertical, en cuyo caso el canal que enlaza el rio con el pozo de aspiración tendrá recorridos subterráneos. Las bombas deben instalarse lejos del rio para que no sean destruidas por las crecidas.

AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SU UTILIZACIÓN.

Sabemos cual es el origen de estas aguas; provienen de las aguas meteóricas que se filtran en el terreno, caminando por las capas subterráneas y se pueden utilizar tomándolas de los manantiales o de pozos. En cuanto se refiere a sus propiedades químicas, son las que más sales llevan en disolución, porque en su marcha subterránea están más en contacto con la diversidad de terrenos que atraviesan. Y respecto a su pureza biológica, son también las más puras cuando la filtra-

ción que sufren es eficaz.

Estas aguas son las preferidas para hacer los abastecimientos, y para utilizarlas, es preciso hacer un estudio hidro-geológico para conocer su historia, más por lo que se refiere a la permeabilidad del terreno, que por su composición química. Desde este punto de vista, dividiremos los terrenos en cinco grupos:

1.° Rocas macizas, compactas y continuas, que son impermeables; granitos, pórfidos, gneis, etc.; no obstante estos terrenos dan manantiales por la existencia de fallas y grietas; además, hay siempre degradaciones producidas por la acción continua de los agentes atmosféricos y los detritus que se desprenden, forma depósitos permeables que dan lugar a manantiales abundantes, aunque de poco caudal y de escasa duración.

2.° Terrenos arcillosos y margesos; son impermeables, pero absorben y retienen en su masa una gran cantidad de agua, por cuya razón son en general pantanosos y para sanearlos es preciso hacer avenamientos.

3.° Terrenos porosos, formados por arena, areniscas y grava, son los que producen filtraciones eficaces si el trayecto que recorre es lo suficientemente largo.

4.º Terrenos también permeables, pero formado por fragmentos gruesos; en estos terrenos el agua pasa sin filtrarse.

5.º Terrenos formados por rocas hendidadas y calizas cavernosas en los que el agua corre como en la superficie. El agua que penetra en el terreno forma las capas acuíferas, en las que puede estar en reposo o en movimiento. Dichas capas, pueden ser continuas o discontinuas; las primeras pertenecen a terrenos de la tercera clase y las otras, a los de la cuarta y quinta; en los terrenos de arena, la capa es continua y en cualquier punto que abramos un pozo encontraremos aguas, en cambio en los terrenos formados por calizas cavernosas, solo encontraremos agua, si tenemos la suerte de dar con un curso de agua subterránea.

pozo atravesando dichos estratos, brota el agua en la superficie, obteniéndose así aguas suptidoras.

Las capas acuíferas pueden tener salida al exterior, formando manantiales de caracteres diferentes, que se pueden clasificar en tres grupos, a saber: manantiales de filón, de afloramiento y de emergencia.

Los de filón, figura 28, vienen a ser

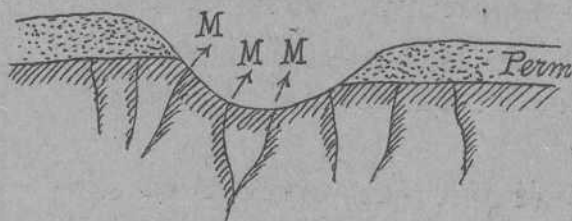


Fig. 28

a modo de pozos artesianos y se presentan en terrenos impermeables con

fisuras por las que se eleva el agua desde grandes profundidades; pueden ser alimentados por la capa permeable y a veces la zona de alimentación está muy lejos. Cuando las fisuras van muy profundas, dan lugar a manantiales de aguas termales.

Los de afloramiento, se presentan en los valles de erosión, en cuyas laderas afloran los estratos del terreno. Por la erosión se produce el valle, quedando al descubierto las laderas y los manantiales de este grupo se presentan en puntos de la línea de separación de los estratos permeables e im-

permeables, según se indica en la figura 29.

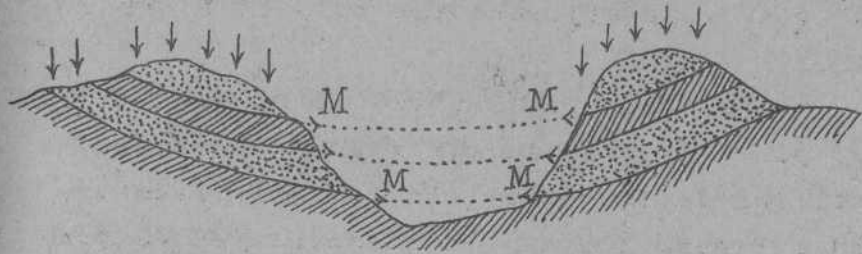


Fig. 29

Al llover, una parte del agua que cae, corre superficialmente por el fondo del valle y la restante, excepción hecha de la que se evapora, es embebida por el terreno; la capa freática da lugar a los manantiales más altos y las capas profundas, que se alimentan en la superficie, dan lugar a los manantiales más bajos. Hemos dicho que afloraban en puntos de las líneas de separación de los estratos permeables e impermeables, pero no es así lo que sucede; teóricamente, debían aparecer a lo largo de dichas líneas y en toda su longitud, más como el terreno no es homogéneo en toda la extensión de los estratos, no aparecen más que en porciones más o menos extensas de las líneas de afloramiento representadas en el corte del terreno, figura 29, en los puntos M M. Puesto que las superficies de separación de los es-

tratos del terreno, no suelen ser planas, las líneas de afloramiento no pueden ser rectas.

En todas las laderas no sucede lo mismo, puede depender lo que sucede de la disposición de los anticlinales y sinclinales; en la figura 30, hay un manantial en el punto M y dada

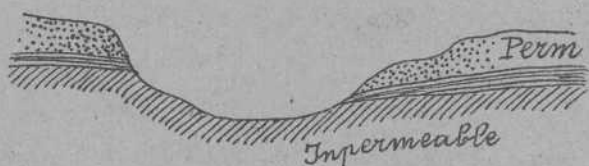


Fig. 30

la pendiente que se observa en los estratos, no

puedo haberlo en la línea de afloramiento de la ladera izquierda; tampoco pueden existir manantiales en las líneas de afloramiento situadas en las laderas del valle abierto por la erosión en el anticlinal de la figura 31, en el que la parte de los estratos

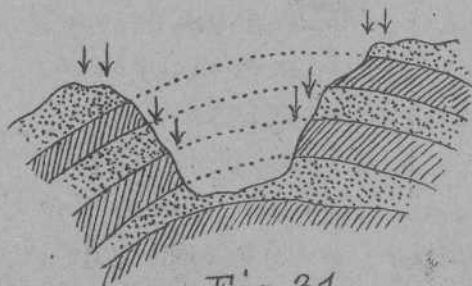


Fig. 31

permeables, que asoman al exterior e indicadas por las flechas, son zonas de alimentación; en cambio, en el sin-

clinal de la figura 29, las dos laderas del valle dan afloramientos de agua.

Los de emergencia, aparecen en el fon-

do de los valles, cuando el terreno superficial es permeable y el nivel de la capa freática es superior al del fondo del valle, figura 32. Son, pues, estos manantiales, manifestaciones de la capa freática en el fondo

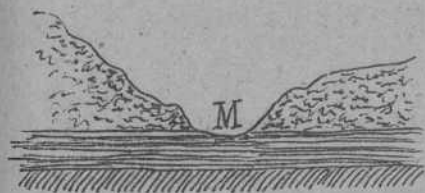


Fig. 32

do de los valles, que aparece entonces, muy poblado de hierba y de juncos; y son también los que principalmente alimentan

los ríos, sin que se vea llegar el agua a ellos.

A estos tres grupos se pueden reducir los manantiales; ahora bien, estos manantiales pueden sufrir alteraciones con el curso subterráneo de las aguas que los alimentan. En el caso de la figura 33, la existencia

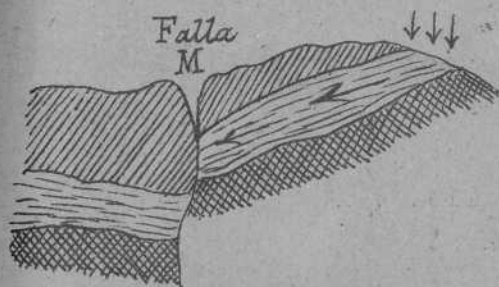


Fig. 33

de una falla, rompe la continuidad de los estratos, y la capa profunda, cuya zona de alimentación es indicada por las flechas, se encuentra interrumpida por un dique o tapón

impermeable que obliga al agua a dejar su

primitivo y natural curso y a elevarse por la grieta de la falla, formándose en M un manantial en lugar de aflorar en el valle próximo siguiendo la capa permeable. Al hacer el reconocimiento del valle, para alumbrar aguas nos encontraremos con el afloramiento de la capa permeable y en la parte alta y a cierta distancia, con la zona de alimentación de la misma, indicada por las flechas; nos parecerá que las circunstancias son a propósito para realizar el alumbramiento con éxito, más al hacer las obras nos llevaremos un gran chasco, debido a que no habíamos previsto la existencia del tapón que intercepta el curso normal de esa capa profunda.

Una cosa análoga se presenta con alguna frecuencia en la explotación de las minas, sin más que sustituir la capa permeable de la figura por el filón y si la mina es de carbón, es evidente que, al llegar al tapón que determinó la formación de la falla, se acabará el filón, y entonces se acabó el carbón. La discordancia en los estratos producida por la falla, puede ser tal como la representada en la figura 34, en la que se ve que una de las capas profundas, ha quedado coincidiendo en parte con otra

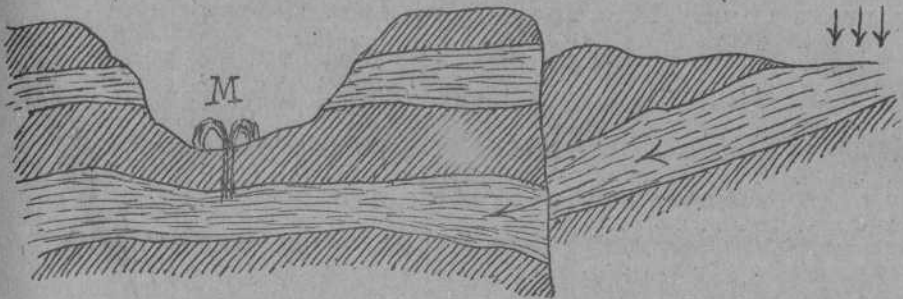


Fig. 34

de la misma naturaleza y puede suceder que abriendo un pozo en el fondo del valle, encontremos aguas surgidoras.

La figura 35, nos muestra otro caso

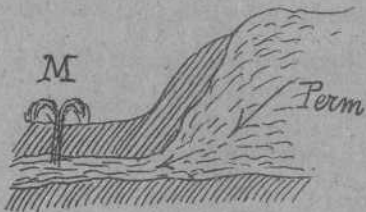


Fig. 35

que puede presentarse y pudiera pasar inadvertido; reconocido el terreno, se ve que se puede hacer un alumbramiento de aguas surgidoras, y el punto

obligado, para obtener el mayor caudal, es el más bajo de la depresión. Cuando la capa freática tiene la inclinación de la fi-

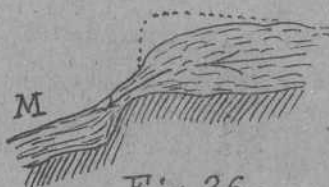


Fig. 36

gura 36, producida por degradación del terreno, que reconstituido está por la línea de puntos, aparece un manantial en M

y para tomar las aguas, no las debemos buscar en M, sino algo más arriba, en el punto de intersección de la flecha con la línea de puntos. Al hacer la toma, debemos tener en cuenta las desviaciones posibles que las capas permeables pueden haber experimentado.

Los manantiales pueden ser perennes o intermitentes, y la intermitencia puede ser debida a dos causas: 1.^a porque la alimentación de la capa acuifera del manantial, depende del régimen de lluvias; en los detritus permeables, cuando llueve, se forma una capa acuifera y aparecen manantiales que se agotan más o menos pronto, según la importancia de dicha capa, para volver a reaparecer en cuanto los detritus se carguen con un nuevo caudal de lluvias; 2.^a porque la alimentación del manantial procede de capas discontinuas, en cuyo caso, se observa cierta irregularidad en las intermitencias. Esto último sucede cuando en el terreno existen cavernas que comunican con el exterior por una especie de sifón; cuando el agua alcanza el nivel necesario, el sifón se ceba y aparece el manantial, volviendo a desaparecer, en el momento en que el nivel del agua queda por bajo de la boca del sifón; cuando se lle-

na de nuevo la caverna, el sifón se ceba y así sucesivamente aparece y desaparece el manantial;

Si aspirásemos a obtener un mayor rendimiento de los manantiales intermitentes debidos a la segunda causa, no obtendríamos resultados positivos; solo conseguiríamos aumentar su caudal por un momento, para encontrarnos otra vez con el primer caudal, que suele ser constante.

Hay que estudiar las variaciones de caudal en los manantiales con diferencias de alimentación debidas al régimen de lluvias; es natural que en épocas de lluvias abundantes, aumente su caudal y que a medida que sale el agua por el manantial se vaya agotando la capa acuifera, hasta llegar a desaparecer si no recibe a tiempo nuevas aportaciones de aguas pluviales; puede suceder que al aumentar la alimentación, no varíe el gasto del manantial, por tener la capa acuifera otros desagües, pero lo general es que influya en el caudal el régimen de las aguas meteóricas.

El aumento de caudal no tiene lugar inmediatamente después de las lluvias y cuanto más tarde en manifestarse esa influencia, podemos decir que el agua es mejor, pues es

señal de que tiene que recorrer un trayecto largo y la filtración puede ser eficaz. Cuando se manifiestan pronto esas variaciones, las aguas son sospechosas. En el primer caso, las variaciones de temperatura son menores y en el segundo pueden notarse turbias. Es muy importante que en un manantial sea constante su temperatura y limpieza.

Las variaciones de caudal se observan haciendo aforos en distintas épocas y para hacer el abastecimiento, necesitamos conocer, además, el caudal que hay que conducir. En los manantiales los aforos se hacen con vertederos de anchura por lo menos tres veces la altura para que se pueda apreciar la velocidad del agua, y aplicando la fórmula correspondiente; el vertedero se coloca en un sitio tal que el remanso que produzca, no alcance al manantial, para no alterar la salida del agua. A veces se hacen los aforos con un cajón de capacidad conocida y un cuenta segundos.

Claro está que si tenemos las variaciones del caudal del manantial y una estadística de las lluvias, podremos averiguar el tiempo que tardan en manifestarse esas variaciones, que es un dato necesario para dibujar la curva de abastecimiento.

La capa acuifera puede estar también alimentada por nieves que en la época del deshielo producen el mismo efecto que las lluvias.

Con los aforos determinamos el caudal disponible y veremos si es suficiente para atender a las necesidades del abastecimiento.

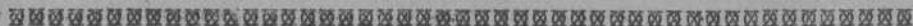
Se puede aumentar el caudal del manantial artificialmente y mejorar las condiciones del agua, haciendo la toma en la capa profunda; si en la zona de alimentación de las tres flechas, figura 33, hacemos llover artificialmente, llevando agua de un río próximo, por medio de un canal, aumentaremos considerablemente el caudal de la capa acuifera y por tanto el del manantial.

También se puede aumentar el caudal, dando más salida al agua, cuando sea posible, haciendo trabajos de alumbramiento. En los manantiales de filón, cuyo aliviadero es el manantial, se puede aumentar el caudal, según ya digimos en los intermitentes de la segunda clase, poniendo más bajo el aliviadero, pero lo mismo que entonces, se restablece pronto el régimen primero y el aumento no es más que temporal.

Se puede también disminuir el caudal

del manantial, dando salida a la capa acuife-
ra por otros puntos, con lo que se puede lle-
gar hasta agotarle.

Para hacer todo esto, se necesita co-
nocer muy bien el terreno, haciendo sondeos
y construyendo cortes del terreno, lo cual
puede ejecutarse unas veces, pero otras no.



- X X -

OBRAS QUE SE HACEN PARA LA CAPTACIÓN DE AGUAS DE MANANTIALES. Las aguas de manantiales no deben ver la luz, puede decirse, hasta que salen por los grifos o bocas, donde se toman; son aguas subterráneas que salen al exterior y la conducción debe hacerse cubierta, haciendo obras de toma cuyo objeto es evitar toda clase de contaminaciones, desde el manantial hasta el lugar de su aprovechamiento.

Lo primero que hay que hacer es construir una arqueta donde se recojan las aguas y de aquí arranca la cañería o canal de toma. La arqueta se debe disponer de modo que no puedan entrar las aguas superficiales y no sea fácil arrojar cuerpos extraños, para lo cual se cierra con una bóveda, evitándose así muchos peligros de contaminación; aún estando cerrada, puede haber infiltracio-

nes en las proximidades y ésto puede ser causa de contaminación. Estas obras deben realizarse en el yacimiento natural de las aguas, debiendo tenerse presente las desviaciones posibles, con cuyo objeto se hará un estudio geológico detenido del terreno, siendo la disposición variable con la naturaleza del manantial.

Supongamos que se trata de un manantial de filón. Las obras se pueden reducir a construir un arca sin fondo, alrededor de donde mana el agua, con paredes de hormigón y cubierta por una bóveda, figura 37. Todo

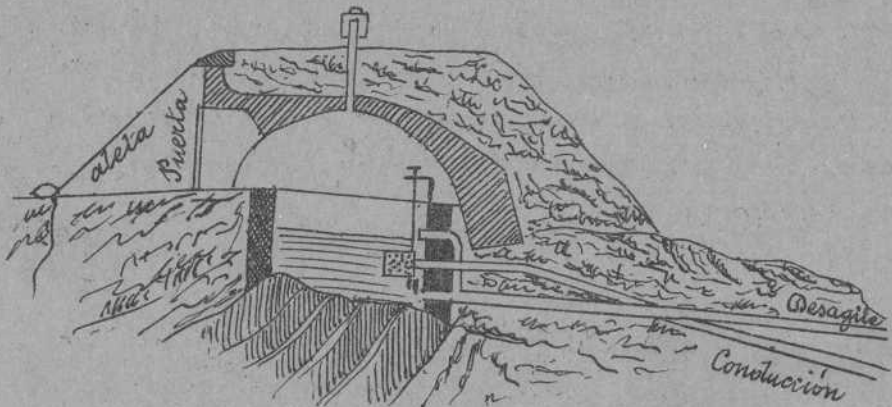


Fig. 37

esto se cubre con un terraplén, contenido por medio de muros con aletas para que no se obstruya la puerta. La forma de la bóveda se puede variar a gusto del Ingeniero.

En la arqueta van tres orificios de toma: el del medio, protegido por una rejilla, es el de toma de agua para la conducción y se pone a cierta altura, con objeto de que las arenillas que siempre arrastra el agua, tengan sitio donde depositarse y no pasen a la conducción; el inferior es un desagüe que se utiliza cuando queremos descargar la conducción, lo que ocurrirá cuando haya que hacer alguna reparación y también sirve para evacuar las arenillas de que antes hemos hablado; el superior es un aliviadero de superficie que comunica con el tubo de desagüe de fondo que está abierto al exterior. Se indica también en la figura, la válvula que abre el desagüe por medio de una varilla con tornillo sin fin. En el fondo del arca, que es el terreno mismo, se ven bien las fisuras de la roca por donde mana el agua.

En lugar de esta sencillez, se puede completar la anterior disposición, agregándole otra arqueta, figura 38, a la que pasa el agua de la primera por medio de un vertedero que nos permite aforar el agua del manantial.

Si se trata de varios manantiales, se puede hacer una arqueta en cada manantial con su correspondiente conducción, que se reúnen

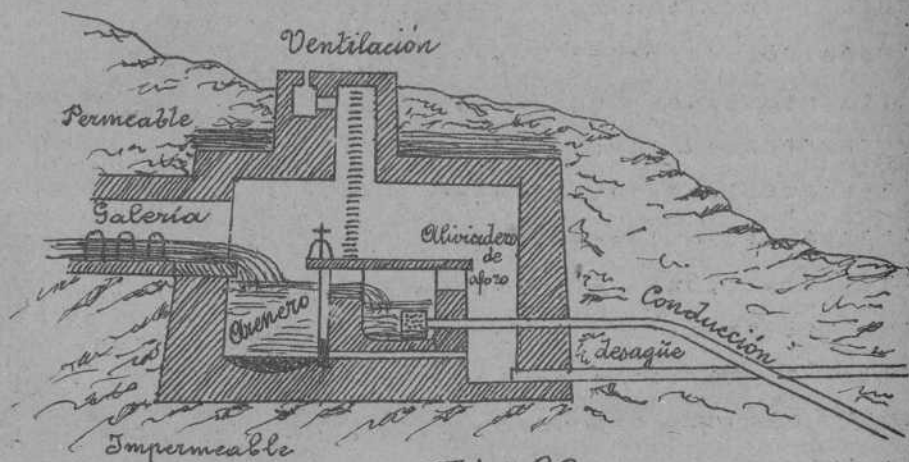


Fig. 38

en una, o se puede constituir una galería continua que los ponga en comunicación, al extremo de la cual arranca la conducción.

El manantial puede brotar de una capa profunda y entonces se emplea la sencilla disposición de la figura 39; de la arqueta

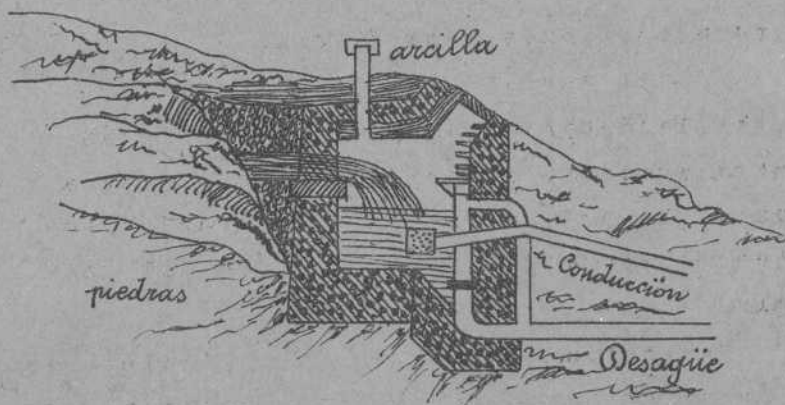


Fig. 39

arranca la conducción, lo mismo que antes, existiendo pequeñas diferencias en la construcción de la bóveda, en la disposición del registro de entrada, a cuya derecha se ven los patines de hierro para bajar, que conducen a la plataforma de maniobra, sostenida por ménsulas.

En el fondo va el registro de desagüe, que se manipula desde la plataforma y debajo de ésta el aliviadero de superficie.

El espacio que media entre la arqueta y el terreno natural, se rellena con piedras y encima se hecha una capa de arcilla, para hacer impermeable el conjunto.

Si estuviese el manantial en una roca, ésta serviría de fondo y se empotran en ella los muros y la bóveda.

El registro tiene que estar bien cerrado, y en lugar de ésta disposición, se puede construir encima una garita con su puerta.

Esta disposición es también aplicable a los manantiales de emergencia, pero como el terreno es permeable, resulta más económico construir en lugar de arcas aisladas, una serie de galerías siguiendo el fondo aguanoso, que van a desaguar en la arqueta; así se hizo en Nápoles. Estas galerías

se construyen de modo que el agua salga por los costados, y desembocan por unos mechiniales en un canal de fondo impermeable, al que se da una pequeña pendiente, figura 38.

En los manantiales de afloramiento, se pueden hacer también arcas y galerías. El arca está indicada cuando en el manantial existe una depresión en la que se reconcentra el agua de la línea de afloramiento. Si el manantial se presenta a lo largo de la línea de afloramiento, se disponen galerías como en las figuras 40, 41, interrumpiendo la ca-

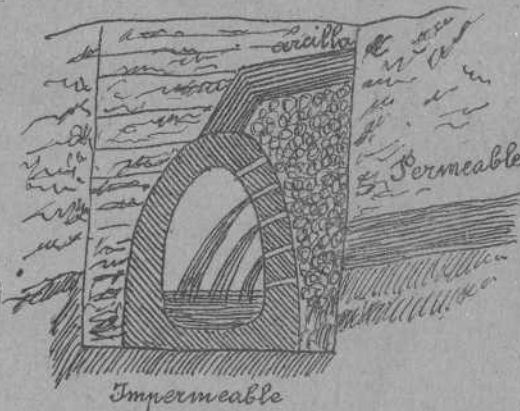


Fig. 40

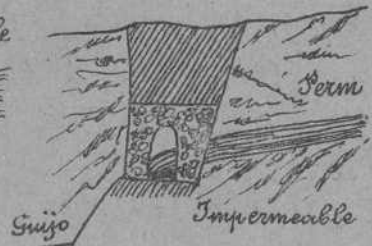


Fig. 41

pa freática o la profunda, según sea la capa acuífera, a modo de una presa subterránea, con la parte de aguas arriba permeable e impermeable la otra, según se ve en la figura 40. Estas zanjias puede hacerse cerca del a-

floramiento. La más perfecta de todas estas disposiciones, es la de la figura 38, que tiene una arqueta independiente, llamada arenero, en la que concurre el agua de una galería construida dentro del terreno permeable; de este arenero, en el cual hay un desagüe con su registro, el agua pasa a otra arqueta, que es la de toma, y de ésta puede pasar por un aliviadero a una tercera, de la que arranca el desagüe; el aliviadero puede servir para el aforo; todo está cubierto por una bóveda en la que hay una chimenea o pozo de bajada con patines de hierro empotrados y el ventilador dispuesto en la forma que se indica; debe taparse bien para que no caiga nada del exterior, dejando para la ventilación un orificio horizontal, con una cámara en la que se depositan los objetos que pudieran caer. Este ventilador debe estar más alto que el terreno y se rodea con una cuneta para que no entren las aguas superficiales; en lugar de cubrir con losas, se puede hacer una garita cilíndrica con puerta, precisamente a la izquierda, lo más sólida posible; el pozo de bajada, debe tener por lo menos 0,70 metros de diámetro.

No hace falta mucha ventilación ni luz, sirviendo únicamente el ventilador, pa-

ra que con las variaciones del nivel del agua, pueda salir y entrar el aire.

Siendo las aguas subterráneas, en su marcha por las capas permeables, no tienen luz ni aire y sin embargo son las más puras, saliendo casi estériles si la filtración es eficaz. El aire lleva siempre polvo y microbios y cuanto más se remueve, más elementos de esos toma el agua, de donde resulta que la ventilación es perjudicial por ser causa de contaminación. Es suficiente, poner en la garita unos agujeros pequeños y detrás de ellos unas pantallas de protección que no dejen caer nada al agua.

No basta con proteger el agua en la toma, sino que es preciso establecer zonas de protección suficientemente grandes, especialmente cuando se trata de capas freáticas, en las que se prohibirá en absoluto la entrada de ganados, el cultivo de las tierras, la construcción de edificios, etc., puesto que en éstas zonas próximas, el agua no sufre una filtración eficaz.

Las galerías se deben situar en las proximidades de los ríos. Los ríos marchan por un aluvión que formaron en otras épocas, que es permeable, con capa freática que alimenta muchas veces el río y estamos en el ca-

so de manantiales de emergencia.

En lugar de tomar las aguas en los manantiales del fondo del rio, se toman en las laderas, haciendo las galerías paralelamente al rio y son casi siempre alimentadas por las aguas que vienen de las laderas y no del rio.

---:---:---:---:---:---:---:---:---:---

XX

- X X I -

Cuanto hemos dicho respecto a la calidad de las aguas de manantial, se puede decir del agua de pozo. En este caso la cantidad resulta más difícil de precisarla, siendo necesario hacer un estudio hidrogeológico detenido, valiéndonos de todos los datos disponibles, con los que se forman cortes del terreno. Para esto, se reconocerán los pozos ya existentes, las trincheras, túneles, minas en explotación, si las hay, etc., y este trabajo se completa por medio de sondeos, empleando las sondas de diamante y observando luego los testigos. Los sondeos resultan muy caros, por lo cual solo se hacen cuando se trata de abastecimientos importantes.

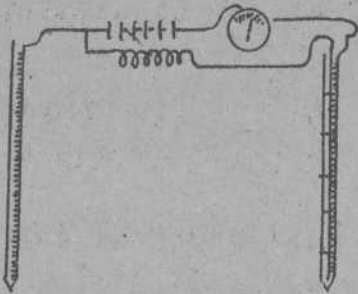
Hace falta conocer también la velocidad del agua en la capa acuífera, que es muy pequeña cuando se trata de una capa con-

tinua. Conocida la velocidad y la sección la podemos comparar a una corriente superficial, para deducir el caudal. Estas capas pueden formar verdaderos lagos o rios subterráneos, según sea la disposición de las capas que forman el terreno.

MEDIOS EMPLEADOS PARA MEDIR LA VELOCIDAD. Es muy interesante conocer la velocidad, porque nos proporciona datos relacionados con la historia del agua. En ocasiones, con estos datos se ha llegado a averiguar que las aguas estaban mezcladas con aguas superficiales. Para determinar la velocidad, se puede recurrir a cuerpos que el agua lleva en suspensión o en disolución. En el primer caso, en un punto de aguas arriba se echa en el agua almidón, levadura, microbios, etc., y se toman muestras que se analizan en el punto que se desea; este procedimiento solo se puede emplear cuando se trata de aguas continuas, pues en otro caso quedarían retenidas en el terreno por sufrir el agua una infiltración. En este caso se emplean cuerpos en disolución, como la sal marina, que se reconoce facilmente por medio del nitrato de plata.

Otro procedimiento es el electrolítico, ideado por Slichter, que consiste, figu-

ra 42, en introducir en el terreno dos tubos



de acero de 3 cm. de diámetro que terminan en punta y están agujereados. Uno de estos tubos se coloca aguas arriba y el otro donde operamos; dentro de este último se co-

Fig. 42

loca un alambre conductor que se aísla de él por medio de tacos de madera aisladora. La unión de los hilos se hace como se indica en la figura, empleándose una pila eléctrica, un reostato y un amperímetro. En el tubo de aguas arriba se vierte un electrolito, que puede ser el cloruro amónico, que es el que empleó el autor de este procedimiento. Cuando el electrolito llega al tubo de abajo, el amperímetro sufre de desviaciones acusando su presencia.

Si tomamos dos ejes coordenados, y llevamos como abscisas los tiempos y como ordenadas las indicaciones del amperímetro, se obtiene una curva cuya forma se representa en la figura 43. En ella se ve que al principio, las ordenadas crecen lentamente y luego rápidamente, correspondiendo el punto de cambio de pendiente al momento en que

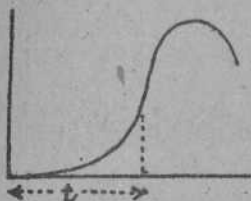


Fig. 43

llega el electrolito al otro tubo.

La magnitud t representa el tiempo que ha tardado el electrolito en pasar de un tubo al otro y como

conocemos la distancia entre los dos, podemos deducir la velocidad. Así se ha llegado a medir velocidades de 1 a 2 metros por día en terrenos muy permeables, como los de aluvión; de aquí que con tan pequeña velocidad, tarde a veces años en manifestarse en los manantiales, las variaciones de alimentación.

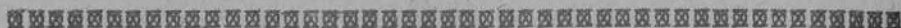
Otro procedimiento consiste en emplear cuerpos colorados como el saprol, el cual se reconoce en soluciones de 1:1.000.000. También se emplean materias colorantes, siendo la que mejor resultado da, la fluoresceína, que por transparencia se ve roja y por reflexión presenta una fluorescencia verde muy marcada, que se nota hasta en dosis de 1:200.000.000; para reconocerla se emplea un fluoroscopio, que consiste en dos tubos de vidrio de 1,20 m. de longitud y 2 cm. de diámetro, que se colocan verticales y se cierran con tapones negros; uno de ellos se llena con agua natural, cuando se empieza el experimento y el otro con una muestra de

agua: la natural presenta en el fondo un color negro-azul-oscuro y la otra una coloración verdosa; esta operación debe hacerse cuando el agua esté clara.

Se echa disuelta la fluoresceína con un poco de amoníaco para evitar la acción decolorante del anhídrido carbónico. Para operar se vierte la fluoresceína aguas arriba y se espera a que aparezca en la parte inferior.

El mejor procedimiento de aforo es el directo, que consiste en hacer un pozo y por medio de bombas de agotamiento se saca el caudal que se necesite, observando lo que baja el nivel. Mientras no se extraiga el agua, el nivel en el pozo será el de la capa acuifera y cuando se extraiga bajará el nivel, pudiendo ocurrir entonces que al establecerse el régimen, el nivel permanezca constante, en cuyo caso tendremos el caudal suficiente, o que el nivel vaya bajando, y entonces el pozo se agotará, Esto último se presenta cuando existen aguas que pudiéramos llamar fósiles, por estar allí detenidas sin que tengan zona de alimentación o si la tienen es escasa.

Existen poblaciones abastecidas por pozos, para lo cual se necesita una capa



- X X I I -

Vamos a continuar con las aguas subterráneas,

Por medio de galerías o de pozos, se les puede dar salida; generalmente se va a buscarlas a las orillas de los ríos, pues de este modo tomamos el agua subálvea, que ha sufrido ya una filtración y dejamos la del río, que no es tan pura y está expuesta a contaminaciones.

De ordinario el fondo de los valles que sirve de lecho a los ríos, está formado por terrenos de aluvión, en los que son frecuentes las capas acuíferas. En estos sitios se hacen galerías en la dirección de la corriente del río o normalmente a ella; según sean las condiciones del aluvión y la de las laderas, son alimentadas por el río, por la ladera o por ambas cosas a la vez.

En la disposición (A) de la figura 44,

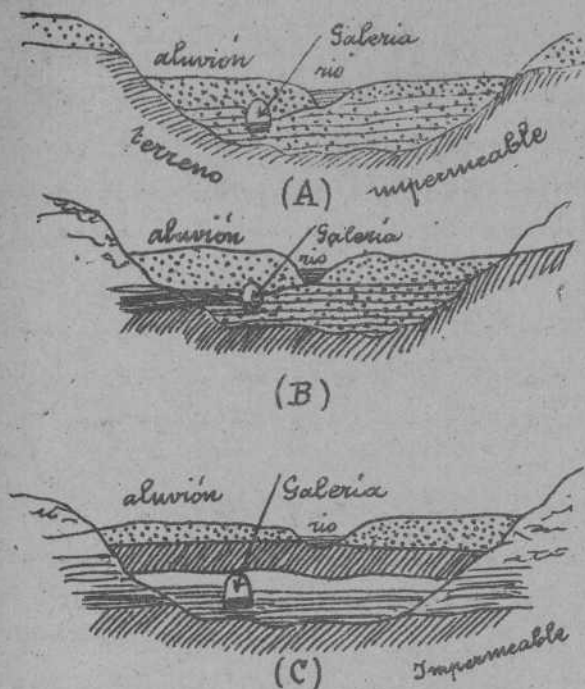


Fig. 44

la gale-
ria toma
agua del
rio sola-
mente; en
la (B) to-
ma del rio
y de la
ladera y
en la (C)
es alimen-
tada sola-
mente por
las capas
acuíferas
que pro-

vienen de la ladera, por existir en el aluvión una capa impermeable que corta las filtraciones del rio. Hay ejemplos de galerías paralelas y normales al rio, pero las más generalizadas son las primeras, pues se pueden alargar todo lo que queramos y las transversales no. Las transversales vienen a ser a modo de presas subterráneas, con la pared de aguas abajo impermeable y la de aguas arriba permeable.

No basta que en el aluvión exista agua abundante; con el tiempo se suelen obs-

truir los intersticios filtrantes del terreno y mengua el caudal que penetra en la galería, con lo cual puede ocurrir que en abastecimientos bien hechos, al cabo de cierto tiempo después de su construcción, disminuya el agua en la toma, siendo preciso, para poder continuar el abastecimiento, en las condiciones supuestas al hacer el proyecto, prolongar las galerías hasta completar el caudal necesario.

Hay fórmulas empíricas que dan el número de metros de galería necesarios para obtener un caudal determinado, que no sirven para nada, porque figuran en ellas variables que dependen de coeficientes muy difíciles de determinar, por depender a su vez de la permeabilidad del terreno. A parte de esto, tienen muy poco valor, una vez que poco a poco se van cegando y se hace indispensable el alargarlas constantemente.

Imaginemos que el terreno está formado por esferitas, las unas en contacto con las otras, como se indica en la figura 45,

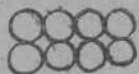


Fig. 45

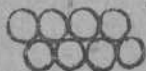


Fig. 46

los huecos son mayores que los que resultan cuando están dispuestas como en la figura

6; estos huecos se hacen impermeables,

cuando penetra en ellos arcilla y mucho más rápidamente en el segundo caso que en el primero, advirtiendo, además, que los huecos que dejan entre sí las gravas y arenas, son máximos cuando todos los granos son iguales, y como tal cosa no sucederá, en general, dichos espacios serán menores: cosa análoga sucede con los morteros y el hormigón, que son mejores, cuando los granos o piedras, respectivamente, son desiguales y redondos, en vez de esquinados. En resumen: resulta de todo esto, que dichas fórmulas nos dan resultados inciertos, pues no se puede tener la misma homogeneidad del terreno en todas partes.

Cuando el caudal de la galería se hace insuficiente, se puede recurrir a la alimentación artificial, como se hizo en Nancy, figura 47, tomando agua del río Mosela, en



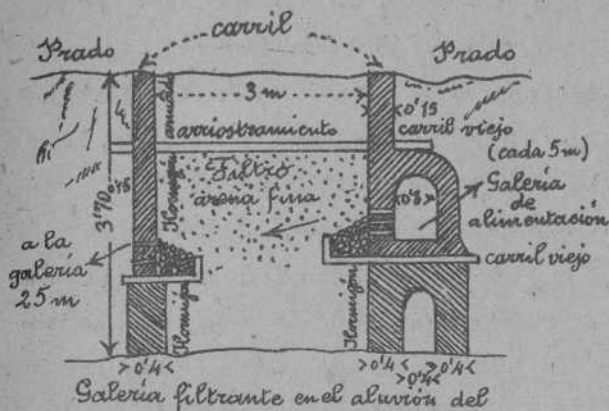
Fig. 47

que la línea de puntos central dista constantemente poco más de 25 m. de la orilla del río, y ésta es la galería de donde se elevan las aguas para el abastecimiento.

Para mantener constantemente el nivel del río, se construyó una presa. Al cabo de cierto tiempo, se obstruyó el terreno permeable y al mismo tiempo se aumentaron las necesidades de la población, por cuyas razones fué preciso prolongar la primera galería de 340 a 540 y después, más tarde, hasta 640 metros; empezó de nuevo a disminuir el caudal en la galería, y entonces a un Ingeniero se le ocurrió alimentarla artificialmente.

De los estudios geológicos que se hicieron, se dedujo que la galería era alimentada únicamente por el río, y se vió la conveniencia de alimentarla también por el otro lado, para lo cual se construyeron a 25 m. de distancia, dos galerías que eran alimentadas directamente por la ladera, al salir de la cual experimentaban una primera filtración, pasando a través de capas de gravilla. La acción de estas galerías de alimentación, viene representada en la figura 48; para construirlas se hizo una zanja de 3,70 m. de altura, sostenida por muros de hormi-

gón armado de 0,15 m. en su parte superior y de hormigón de 0,40 m. de espesor en la



Galería filtrante en el aluvión del Mosela

Fig. 48

a 5 m. de distancia y las galerías de alimentación directa vienen normales a éstas. La zanja se relleno de arena fina y a la salida se pusieron piedras, sostenidas por ménsulas constituidas por carriles viejos y tela metálica, con objeto de impedir la salida de la arena. El agua entra y sale de esta zanja por mechinales y se filtra a través de la arena.

La línea de puntos situada en la orilla del rio, es una galería que está en proyecto y su objeto es que se pueda alimentar artificialmente la galería central por ambos lados. Se puso en la coronación de los mu-

parte inferior, según se detalla en la figura; los muros se arriestran con carriles viejos, situados

ros que sostienen la zanja, dos carriles para que corriera la grua portadora de la arena. Los huecos que dejan entre sí los granos de arena, se van rellenando de arcilla y se hacen impermeables, entonces se remueve la arena y se sustituye, si es preciso por otra. Tambi-en se puede hacer galerías para buscar capas acuíferas.

El agua se puede tomar por medio de pozos, que son agujeros hechos con el objeto de extraer el agua subterránea, generalmente por medio de bombas.

En la figura 49, están indicados es-

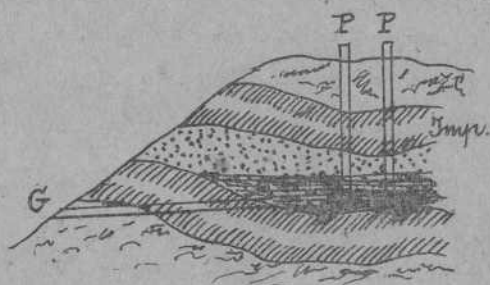


Fig. 49

tos dos últimos procedimientos que conducen al mismo objeto. En ella tenemos una capa acuífera entre otras impermeables y después

de un estudio geológico detenido del terreno veremos si conviene hacer una galería de toma, partiendo de la ladera, o unos pozos para extraer el agua con bombas. El agua se puede tomar de las capas freáticas o de las profundas, siendo estas últimas las mejores, por tener techos impermeables.

POZOS. Se pueden hacer de varias maneras; en primer lugar hablaremos de los pozos instantáneos o abisinios, llamados así por la rapidez con que se construyen y son muy empleados por los ejércitos en campaña. Para constryirlos se emplea un tubo de 3 a 6 cm. de diámetro, de hierro, al que se atornilla, figura 50, una punta cónica de acero,

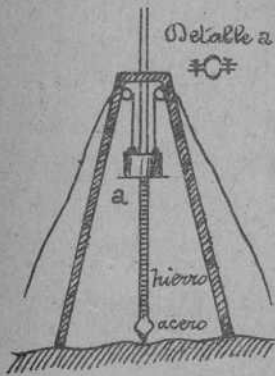


Fig. 50

cuya base tiene más diámetro que el tubo, para facilitar la hincá, que se lleva a cabo lo mismo que la de un pilote. La parte inferior del tubo tiene unos agujeros para dejar entrar el agua. Para hincar los tubos, se les pone una abrazadera bien apretada, porque aquí es donde se van a dar los golpes, por medio de una maza cilíndrica, con un agujero en el centro, mayor que el diámetro del tubo, para poder deslizar fácilmente a lo largo de él. La maza lleva unos ganchos de los que va suspendida por dos cuerdas que pasan por unas poleas de un bastidor sostenido por un tripode, y este bastidor lleva un orificio que sirve de guía al tubo.

Cuando el tubo queda por bajo del bastidor, se empalma otro tubo, y si no hiciera falta más tubo, se mete un palo largo para poder guiar el movimiento descendente del tubo.

Caso de no encontrar agua se saca el tubo, empleándose el mismo artificio, sin más que colocar la maza por debajo de la abrazadera.

Este sistema se ha empleado en la construcción de pozos, de mayor importancia, hasta de 15 o 20 cm. de diámetro, habiéndose llegado a utilizar para efectuar la hinca, martinetes de vapor.

Para un abastecimiento de importancia, hay que hacer muchos pozos situados unos de otros a distancias convenientes, de modo que no se cortén las líneas de influencia. Todos estos pozos se reúnen a uno central, en el que se establecen las máquinas elevadoras. De cada pozo el agua se recoge en un colector, con una válvula que permite aislarla del pozo; a veces de los pozos parten sifones de desagüe que se ceban con bombas. Los colectores concurren en el pozo o galería central y si la configuración del terreno lo permite, en lugar de elevar las aguas del pozo, se hace un canal de conducción o una tubería, yendo el agua rodada.

Los pozos ordinarios se abren por medio de excavaciones, entibando las paredes, para lo cual se puede emplear el procedimiento indio. Cuando son muy profundos los pozos, se empieza por hacer uno ordinario y cuando se llega a cierta profundidad, se puede emplear un pozo tubular, no pudiéndose apurar la distancia de aspiración, que prácticamente es de unos 7 m. y hay que contar con el descenso del agua en el pozo al hacer el consumo. El agua puede penetrar en un pozo ordinario por el fondo y por las paredes; generalmente no se llega con ellos al fondo de la capa acuífera.

Se puede hacer un cálculo del caudal que dará un pozo, suponiendo que toda el agua sale por la superficie del fondo con velocidad de 5 a 6 cm. por minuto.

La arena puede llenar el pozo y para evita esto, se emplean varios procedimientos.

Los pozos de Nüremberg se abren en arena fina, empezando por hincar un tubo de 0,8 m. de diámetro, en cuyo fondo se construye una plataforma de hormigón, figura 51, y por medio de anillos concéntricos de hierro, se rellenan los espacios que dejan entre sí con grava de las dimensiones indica-

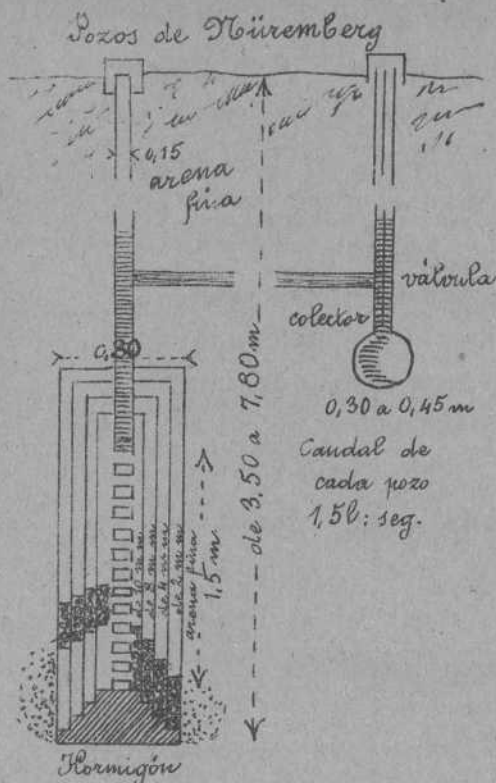


Fig. 51

das y a medida que se hace el relleno, se van levantando los cilindros hasta llegar a la altura conveniente y después se quitan estos anillos quedando el conjunto aprisionado por la arena fina. El tubo central de 15 cm. que constituye el pozo, va agujereado en la parte inferior para dar paso al agua. La construcción del pozo termina con

la colocación del colector y tapado de la zanja.

Otro procedimiento para que no entre arena, consiste en introducir dos tubos agujereados y concéntricos. El agua, clajo está, entra por el exterior y las arenas que arrastra se depositan en el fondo sin penetrar en el segundo tubo, acumulándose entre ambos, y para limpiar este fondo, no hay más

que sacar el tubo interior. Los tubos son de hierro colado.

Otro procedimiento consiste en construir el pozo de anillos de hormigón, que tienen la forma representada en la figura 52.



Fig. 52

Para entrar el agua en los agujeros, tiene que elevarse y la arena no entra en el tubo, porque para ello sería preciso que el agua llevase mucha velocidad.

---:---:---:---:---:---:---:---

jo y es indispensable para su utilización, elevarlas por medio de máquinas. A veces presentan casos en que hay que combinar los dos procedimientos; aquí en Madrid, por el crecimiento de la población, ha sido necesario establecer un depósito más alto que la conducción, para abastecer los barrios altos edificados de poco tiempo a esta parte.

Dentro del caso del agua rodada se distingue, según que la conducción sea libre o forzada. En la conducción libre, la presión disponible es únicamente la debida a la velocidad del agua, como sucede en los cursos de agua naturales, en los canales y en las mismas tuberías, cuando en ellas la sección hidráulica es menor que la sección del tubo. En la conducción forzada, existe además la presión debida al desnivel, empleándose tubos cerrados en los que la sección hidráulica y la del tubo son iguales.

Aún cuando este asunto, ha sido ya estudiado en otra asignatura, vamos a recordar los procedimientos que se siguen, para calcular los canales y las tuberías, exponiendo de paso, las condiciones de salubridad que deben reunir.

El problema de la conducción por canales o por cañerías, son muy similares y

las teorías correspondientes, se pueden deducir con facilidad la una de la otra. Los canales que nosotros necesitamos estudiar para hacer un abastecimiento, son de sección constante y de pendiente uniforme, y en este caso, el problema se resuelve con suficiente exactitud, para las necesidades de la práctica.

Para evitar los peligros de contaminación y conservar la frescura del agua, los canales se deben hacer cubiertos, con lo cual se evita además la evaporación, que en muchos kilómetros de canal puede ser de consideración; en este sentido reúnen buenas condiciones las tuberías.

Las fórmulas que se emplean para calcular los canales son:

$$Q = A v \quad \text{y} \quad v = k \sqrt{R I}$$

El valor de k que da Bazin, es

$$k = \frac{87 \sqrt{R}}{b + \sqrt{R}}$$

y el que da Kutter, es

$$k = \frac{100 \sqrt{R}}{c + \sqrt{R}}$$

siendo b y c variables con la naturaleza de las paredes del canal; cuando éstas se revisten y son lisas, toman los siguientes valores:

$$b = 0,28 \quad " \quad c = 0,35$$

El valor de b deducido por Bazin para paredes lisas no debe aplicarse según ha demostrado la experiencia.

Las unidades de longitud y de tiempo que se emplean, son el metro lineal y el segundo.

Q expresa el caudal en metros cúbicos por segundos.

A representa la sección en metros cuadrados.

v significa la velocidad en metros por segundo.

R es el valor del radio medio hidráulico, o sea la relación de la sección hidráulica al perímetro mojado.

I expresa la pendiente, que es un número. Estas fórmulas no son homogéneas y se acostumbra a expresarlas en la forma dicha. Las dos ecuaciones encierran cinco variables Q , A , v , R , I . El radio hidráulico ocasiona una indeterminación grande, que complica extraordinariamente los cálculos; para una sección cada, existen varios valores de R y viceversa. Es indispensable hacer desaparecer una indeterminación, lo cual se consigue fijando a priori la forma de la sección.

Pongamos un ejemplo: supongamos que

vamos a conducir 100 litros por segundo, siendo $A = 1$ y $v = 1$. De las ecuaciones fundamentales se deduce con la fórmula de Bazin:

$$1 = \frac{87 \sqrt{R}}{0,28 + \sqrt{R}} \sqrt{R I}$$

Figemos la forma de la sección hidráulica con la condición que que sea un rectángulo, figura 53, cuya altura sea la mitad del ancho, con lo cual conocemos sus dimensiones:

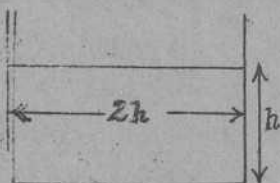


Fig. 53

$$A = 2 h^2 \quad x = 4 h$$

Llamando x al perímetro mojado

$$R = \frac{A}{x} = \frac{2 h}{4 h} = \frac{1}{2}$$

Todos los trapecios circunscritos a la circunferencia de radio h tienen por radio hidráulico, la mitad del radio de dicha circunferencia.

$$2 = 0,1 = 2 h^2 \quad h = \sqrt{0,05} = 0,22$$

Sustituyendo en la fórmula de Kutter, se tiene:

$$1 = \frac{100 \sqrt{0,1}}{0,35 \sqrt{0,1}} \sqrt{0,1 I}$$

y de aquí se deduce la pendiente del canal.

En la práctica sucede con más frecuencia, que el trazado del canal se haga de anteojo para salvar una distancia horizontal con una pendiente determinada, siendo entonces datos del problema, el caudal Q que hemos de conducir y la pendiente I . Veamos cómo se calcula, en este caso, la sección hidráulica y la velocidad media, para tener definido el canal:

$$\text{Datos} = \quad z = 0,1 \quad , \quad I = 0,0001$$

Para hacer desaparecer la indeterminación ocasionada por el radio hidráulico, haremos la misma hipótesis de antes; por consiguiente:

$$R = \frac{h}{2}$$

de donde sustituyendo valores se tendrá:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1}{2 h^2} = \frac{100 \sqrt{\frac{h}{2}}}{0,35 + \sqrt{\frac{h}{2}}} = \sqrt{\frac{h}{2}} \cdot 0,01 = \frac{\frac{h}{2}}{0,35 + \sqrt{\frac{h}{2}}}$$

quitando denominadores y racionalizando resulta:

$$0,01 \frac{h}{2} = h - 2 \times 0,035 h + 0,035$$

ecuación de sexto grado que se puede resolver gráficamente por tanteos. Para ello se pueden separar los términos positivos y ne-

gativos; dibujaremos las curvas representativas de esas funciones y la abacisa del punto de intersección, nos da una solución. Se ve, que en este caso, el problema se resuelve con suficiente aproximación, pero es mucho más largo y complicado que el anterior.

En resumen: se empieza por fijar la forma de la sección, con la cual desaparece la indeterminación del radio hidráulico y nos quedan solo cuatro incógnitas, de las cuales podemos determinar dos, cuando se dan las otras dos, lo que da lugar a tantos problemas como combinaciones se pueden hacer con cuatro objetos tomados dos a dos, que es igual a seis, pero de éstos sólo nos interesan los dos que acabamos de estudiar.

Además de la dificultad que resulta en el segundo problema, por tener que resolver una ecuación de sexto grado, hay otra muy de temer, y es que el valor deducido para la velocidad media, puede no convenirnos, en cuyo caso hemos perdido el tiempo y todo lo hecho, no ha pasado de ser un primer tanteo. Hay que dar un nuevo valor a I y deducir otra vez la velocidad media, y así por tanteos continuaremos hasta que el valor deducido para la velocidad, esté comprendido dentro de los límites admisibles; una velo-

ciudad grande destruiría rápidamente las paredes del canal; una velocidad pequeña nos conducirá a una sección grande, y se deben armonizar los resultados, de modo que el coste de las obras sea el menor posible y los gastos de conservación sean pequeños.

Para resolver el primer problema, no hay que hacer tanteos. Son datos Q y v ; se fija la forma de la sección y una velocidad, ni grande ni pequeña, comprendida entre 0,60 m. a 1 m.; cuando las paredes del canal se hacen con revestimiento, puede aproximarse a 1 m.

Como hemos dicho, es lo corriente que sea un dato la pendiente, que desde luego tiene que ser muy pequeña, para que la acción destructora del agua sea insignificante y podrá suceder que entre el punto de toma y el de utilización, haya o no el desarrollo suficiente para hacer el trazado.

Si partiendo del punto de utilización y siguiendo las ondulaciones del terreno, con la pendiente dada, llegamos al punto de toma y nos sobra altura, podemos disminuir la pendiente; pero si nos falta altura, no podremos llegar al punto de toma con esa pendiente y como el aumentarla pudiera no convenirnos, no hay más remedio que tomar

una determinación, como por ejemplo, hacer resaltes o rápidos en el canal, dividiéndole en trozos con la pendiente dada e interrumpiendo bruscamente la pendiente en sus extremos con el fin de ganar así altura. Si por el contrario, el trazado fuera bajando demasiado, se procurará disminuir la velocidad y acortar el trazado todo lo posible.

Los trazados se pueden variar mucho.

En el valle, marchando el canal entre dos curvas de nivel, figura 54, tendría

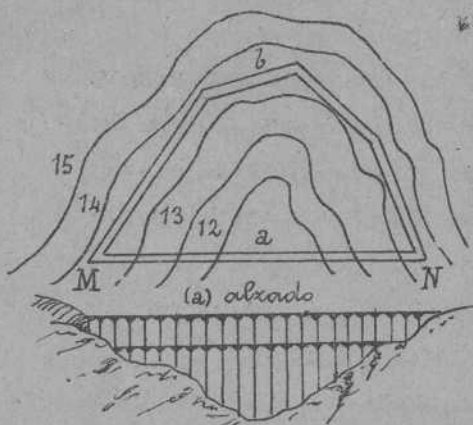


Fig. 54

un recorrido muy largo y se puede acortar su longitud a costa de obras de mucha consideración, construyendo un acueducto para salvar el valle. Estos acueductos son frecuentes en las cons-

trucciones antiguas, actualmente se emplean alguna vez, cuando no existe el desarrollo suficiente para hacer el trazado del canal.

Cuando se trata de un río, no debe preocuparnos esto tanto, pues se puede variar el punto de toma; ahora bien, tratán-

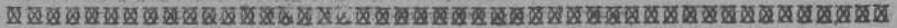
dose de un manantial, no hay más remedio que resignarse y adoptar la determinación más conveniente, dentro de las circunstancias.

Se puede pasar de un punto a otro del valle con un sifón, pero entonces la pérdida de carga es mayor que con el acueducto, y a veces puede suceder que haciendo el trazado por la ladera del valle, la pérdida de carga sea mayor que la producida por el sifón.

La dificultad del problema en el canal, es elegir la forma y dimensiones de la sección para dar por terminado el proyecto.

Cuando se trata de canales de riego, la velocidad ha de ser mayor para evitar el crecimiento de vegetales acuáticos y el atarquinamiento del canal y para obtener esta velocidad, conviene disminuir la sección; las aguas turbias convienen a los riegos por el lógamo que arrastran.

La pendiente elegida para el canal, no quiere decir que se ha de emplear en todo el trazado; pues, por ejemplo, en terrenos abruptos se impone muchas veces una sección más estrecha, lo cual exige un aumento de velocidad y para esto se precisa dar al canal una pendiente mayor; vemos, pues, que hay circunstancias dependientes de la naturaleza del terreno de las que se deduce la elección de estas variantes.



- X X I V -

CONDUCCIÓN FORZADA. Para llevarla a cabo es preciso construir canales de sección circular o emplear tubos, que es lo que se hace en la práctica. Hay muchas fórmulas para calcular el diámetro de los tubos, pero nosotros emplearemos únicamente la de Darcy (1)

$$\text{Pérdida de carga } h = \left[0,01989 + \frac{0,0005072}{d} \right] \frac{l}{d} \times \frac{v}{2g} \times \gamma$$

en la que h es la pérdida de carga a lo largo del tubo, debida al rozamiento del agua con

(1) La fórmula que da Sonier para pérdida de carga total es:

$$h = \frac{0,025872}{d} \times \frac{l}{d} \times \frac{v}{2g}$$

Vease también pagos 243, 244 para el empleo de estas fórmulas

las paredes del tubo, d es el diámetro del tubo, l su longitud efectiva, v la velocidad media de los filetes líquidos dentro del tubo, g es la aceleración de la gravedad en $m:s^2$ y γ es el coeficiente de Sonne para tener en cuenta las incrustaciones que se producen en el tubo y sus valores se dan a continuación en función del diámetro.

Diámetros d	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10
Valores de γ	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0
Diámetros d	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60
Valores de γ	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4
Diámetros	0,70	0,80	0,90	1,0		
Valores de γ	1,3	1,2	1,1	1,0		

A la ecuación anterior hay que unir la del caudal

$$Q = A v = \frac{\pi d^2}{4} v$$

Tenemos así dos ecuaciones con cuatro variables Q , v , h y d ; si la longitud del tubo es conocida, nos permiten determinar dos de ellas en función de las otras dos, dando lugar esta indeterminación a la resolución de diversos problemas. Cuando l no es conocida, dividiendo los dos miembros de la primera ecuación por l se considerará co-

no una variable, la pérdida de carga o de altura $\frac{h}{l}$ por metro lineal.

- Q se expresa en metros cúbicos por segundo
- h se expresa en metros lineales
- d se expresa en metros lineales
- l se expresa en metros lineales
- v se expresa en metros por segundo
- g se expresa en metros por segundo, por segundo

En Madrid el valor de la aceleración es $g = 9,80 \text{ m:seg}^2$

Con esto tenemos ya todo lo necesario para hacer el cálculo de la conducción libre y forzada. Repetimos que l representa la longitud efectiva del tubo.

Aquí no existe la indeterminación debida al radio hidráulico que se presentaba en el cálculo de los canales, pues siendo conocida la forma circular del tubo, la sección hidráulica y el perímetro mojado están dados en función del diámetro; los catálogos de las fábricas, nos dan los tubos por su diámetro expresado en milímetros.

TRAZADO DE LA CONDUCCIÓN (1) Cuando el terreno es muy quebrado y la conducción es libre, se presentan muchas dificultades que hay que salvar, realizando tanteos para en-

(1) Para canales y conducciones forzadas

contrar una solución que luego ha de justificarse debidamente.

Quando son datos Q y v y determinamos la pendiente de I , el trazado se reduce a señalar en el terreno una línea cuya pendiente sea la calculada, que se puede modificar en ciertos trayectos, cuando lo exija la naturaleza del terreno, pero que al contrario de lo que sucede en el trazado de un camino, dicha pendiente ha de ser siempre del mismo sentido.

El terreno en que se ha de hacer el trazado, presenta una serie de vaguadas y de contrafuertes principales y secundarios, y si nosotros seguimos la dirección del valle principal, por cuya vaguada puede correr un río al que van a desaguar otros de menor importancia, podremos adoptar varias soluciones: una de ellas consiste en bordear los valles y contrafuertes secundarios, siguiendo las curvas del nivel; como la pendiente del canal, es en general muy pequeña, el trazado se separará poco de las curvas de nivel y en una longitud grande estará comprendido entre dos consecutivas, esta solución se representa en la figura 55, por la línea de trazo grueso continuo.

Otra solución consiste en cortar en

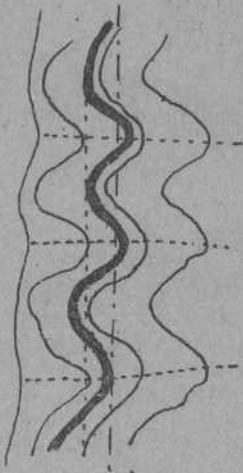


Fig. 55

línea recta, perforando túneles en los contrafuertes y construyendo acueductos o sifones en las vaguadas; en la figura está representada por la línea de trazo y punto.

Otra solución se obtiene combinando las dos soluciones anteriores, sin más que sustituir, siempre que por razones económicas o técnicas sea posible, en el primer trazado la parte del canal que contornea un valle, por un acueducto o sifón, que vienen representados en la figura por líneas de puntos.

Habrán que hacer varios tanteos para determinar la solución mejor y más económica; esto se ha de hacer en la práctica escogiendo un plano altimétrico bien hecho del terreno en el que va a desarrollar el trazado y en el gabinete se efectúan los estudios pertinentes, teniendo presente que, en general, los acueductos son obras más caras que los sifones.

Los sifones bajan por la ladera del valle y al llegar a la vaguada, se les hace cruzar por debajo de ella, de modo que las

aguas superficiales pasen por encima del tubo, o bien superiormente con relación a la vaguada, construyendo una tajea o un puente acueducto, según sea la importancia de la corriente.

Los acueductos antiguos como los de Segovia, Teruel, etc., no se construyen en la actualidad, sin que esto quiera decir que ahora no se construyan acueductos de menor importancia; se suelen reemplazar por sifones.

Hay que tener en cuenta otra consideración en el trazado de un canal. La traza, lo mismo que en el trazado de un camino, no se adapta en toda su longitud a las influencias del suelo, sino que hay rasantes que se entierran y otras que quedan en el aire, y aquí, como principio fundamental, se puede decir que debemos huir de los terraplenes, pues como éstos se hacen rellenando con tierra echadiza, para preparar una plataforma en la que se construye el canal, se producen asentamientos, que son tanto mayores, cuanto mayor es la cota del terraplen, figura 56. Los asentamientos en los caminos ordinarios y en los ferrocarriles no tienen importancia, por ser fácil el restablecer su verdadera cota, pero en un canal, al producirse

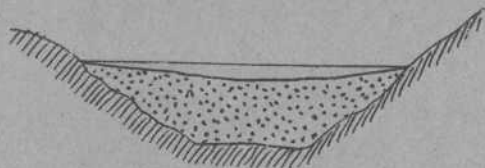


Fig. 56

un asiento, se quiebra, formándose grietas por las que el agua se escapa, arrastrándolo todo, si no se restañan en seguida y cómo no es fácil levantar el canal para reparar las averías, para evitarlas, lo mejor es no hacer estos rellenos, a tierra perdida. En el caso preciso de tener que construir terraplenes, se tomarán toda clase de precauciones; se harán con tierras escogidas, colocadas por tongadas de unos 10 cm. de espesor y bien apisonadas. En vez de terraplenes, se suelen hacer verdaderos acueductos, levantando dos muros continuos, con una tajea de la luz necesaria para salvar las vaguadas, con lo cual el canal no sufre asientos apreciables.

En los desmontes no hay tanto peligro de que se produzcan asientos. Hay que prever el caso de terrenos flojos y de formaciones yesosas, para cimentar bien el canal, en la plataforma del desmonte y no se produzcan asientos, empleando según los casos, el procedimiento de pilotajes y zampeados o el de apoyos aislados con bóvedas de descarga. El yeso es soluble en el agua y lo mismo que

en los demás casos, no debe haber filtraciones; una grieta al iniciarse no es nada, pero si no se restaña en seguida, el agua que por ella se escapa, produce una socavación lenta que da lugar a hundimientos.

Los túneles o minas pueden ser más económicos. A veces la solución se presenta por sí misma; la configuración del terreno nos indicará los casos en que conviene abrir una mina, para ahorrarnos la construcción de longitudes grandes de canal. Los canales suelen ser de sección pequeña y rara vez de grandes dimensiones, como el de Aragón y Cataluña, que llevan grandes caudales. En los escarpes son preferibles los túneles, pero también se pueden poner ménsulas de hierro con revestimiento de hormigón, para que se conserven mejor, figura 57, o también, cuando



Fig. 57



Fig. 58

la resistencia de la roca lo permita, se hacen trompas como las que se ven en algunas carreteras, figura 58.

En el trayecto que sigue el canal, no solo se encuentran vaguadas y contrafuertes que salvar, sino que también se ofrecen cruces con otros caminos y canales, siendo entonces necesario

construir obras especiales. Estos cruces son análogos a los de los ferrocarriles y se pueden verificar en distintas condiciones si la rasante del canal queda por encima del camino, dejando el espacio necesario para la circulación, se puede construir un puente acueducto para sostener el canal; puede venir la rasante por encima, pero con altura insuficiente, en cuyo caso no hay más remedio que recurrir a la construcción de un sifón, lo mismo que en el caso en que la rasante vaya al nivel del camino; cuando la rasante del canal vaya bastante profunda, no hay más que cubrir el canal con una bóveda que reúna las debidas condiciones de resistencia.

En resumen: podemos decir, que hay que hacer tanteos para aceptar un trazado, presentándose a veces una solución única que hay que aceptar, y en cualquier caso hay que hacer avances de presupuestos, a reserva de modificaciones posteriores impuestas por el giro que tomen las obras.

Cuando la conducción es forzada, no se presentan tantas sujeciones, pues entonces no existe la necesidad de que la tubería vaya siempre bajando. Entre los puntos A y B, figura 59, la tubería puede tener un

recorrido sinuoso, con puntos altos y bajos,

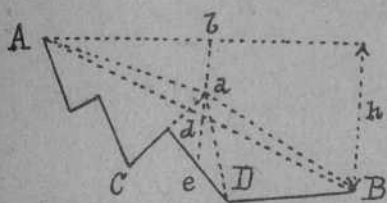


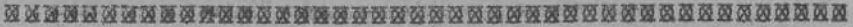
Fig. 59

y siendo h la pérdida de carga, la línea $A B$ representa la pendiente piezométrica. Se debe procurar que los puntos altos no rebasen dicha línea, pues entonces varía el caudal, porque la línea de carga para la tubería $A C a$, no será $A d$, sino $A a$, y el valor de j será:

$$\frac{a b}{A C a} < \frac{b d}{A C a}$$

lo cual representa una sujeción que se debe tener en cuenta al hacer un trazado de este género.

---:---:---:---:---:---:---:---:---:---



- X X V -

Continuando con el estudio de una conducción forzada, diremos que se puede seguir en línea recta y hacer codos, siempre que los tubos no corten a la línea de carga. Si los puntos altos de la conducción, figura 60, llegan a la línea de carga, se aprisiona el aire en ellos,

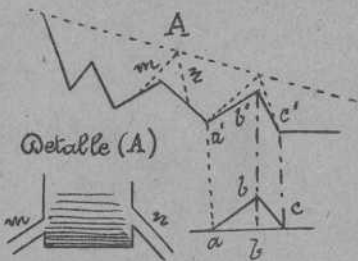


Fig. 60

siendo preciso poner ventosas para dar salida al aire; esto sucede también cuando los puntos altos están algo más bajos que este nivel. Para evitar

estos inconvenientes, se debe procurar que el número de puntos altos sea el menor posible y que estén colocados algo por debajo de la línea de carga, para poder suprimir las ventosas, que se reemplazan por unos depósi-

tos en comunicación con la atmósfera; las ventosas ofrecen muchos inconvenientes y se deben emplear lo menos posible.

Cuando haya que atravesar un valle, se debe huir de las profundidades grandes, para los puntos bajos de la tubería, con el fin de que las presiones que tiene que soportar, no sean excesivas, pues se necesitarían tubos más resistentes, que son más pesados y por consecuencia más caros. Se pueden evitar las profundidades grandes, muchas veces desviando el trazado para ganar altura, con lo cual se aumenta la longitud de la tubería, pero aún así puede resultar más económico; cuando no es posible hacer estas desviaciones, no hay más remedio que reforzar los tubos profundos, para que puedan soportar las máximas presiones.

En la tubería de conducción no existen los peligros que en la tubería de distribución, pues en la primera es sensiblemente uniforme el gasto y en la segunda es irregular, por lo cual se pueden producir golpes de ariete, que son para los tubos más peligrosos que la presión hidráulica, una vez que depende su acción dinámica de la masa en movimiento y del cuadrado de su velocidad.

En la tubería de conducción son de

temer los golpes de ariete, al cargar los sifones, y se evitan tomando precauciones para que no quede aire aprisionado en el interior de los tubos.

CONSTRUCCIÓN: FORMAS Y MATERIALES EMPLEADOS EN LAS OBRAS INHERENTES A LAS CONDUCCIONES. Las conducciones de agua suelen ir descubiertas en los canales de riego y para abastecimientos industriales, pero en los abastecimientos de poblaciones, no se usan, pues las conducciones a zanja abierta, tienen muchos inconvenientes para la salubridad de las aguas. Las paredes sufren una degradación muy acentuada, crece hierba en ellas y en el fondo, y lo peor de todo, es el peligro de contaminación por las escorrentías de lluvia, que enturbian el agua y la turbia lleva consigo un crecimiento microbiano exagerado.

Puesto que los canales que a nosotros nos interesan han de ser cerrados, veamos las formas más convenientes. Se debe escoger la más económica, es decir, la que nos dé el menor volumen de desmonte y obras de fábrica. Estos canales se hacen revestidos, excepto en los trozos en que el terreno está formado por una roca dura impermeable, en cuyo caso es suficiente regularizar las pa-

redes y tapar todas las grietas que se observen.

Como el canal ha de ser de fábrica, lo mismo en el cajero que en la cubierta, y el volumen de fábrica necesario es proporcional al perímetro de la sección, la forma más conveniente es la circular, pues entre todas las figuras que tienen la misma superficie, el círculo es la de menor perímetro. Además la forma circular anula los empujes horizontales en los arranques, lo que favorece la estabilidad de la construcción, cuando se emplea en combinación con trapecios y rectángulos. Sobre la bóveda tiene que haber la carga de tierra necesaria, que no debe bajar de 0,60 metros, para evitar que las variaciones de temperatura produzcan deformaciones sensibles en el canal, que determinarían grietas con todos sus inconvenientes.

La configuración del terreno, nos indicará en cada caso las obras que se han de hacer.

Pero en la forma circular adoptada, ocurre algo notable que nos interesa conocer. Si para un canal de pendiente conocida, se calculan sucesivamente las velocidades y los caudales que corresponden a distintas alturas de la lámina de agua, tomando estos va-

lores por abscisas y como ordenadas las alturas, tendremos dos curvas, figura 61.

Para $h = 0$ " $v = 0$

Cuando $h_1 = \frac{1}{2} d = r$ " $v = k \sqrt{R I} = 0 C$

Para $h_2 = d = 2 r$ " $v = k \sqrt{R I} = 0 C$

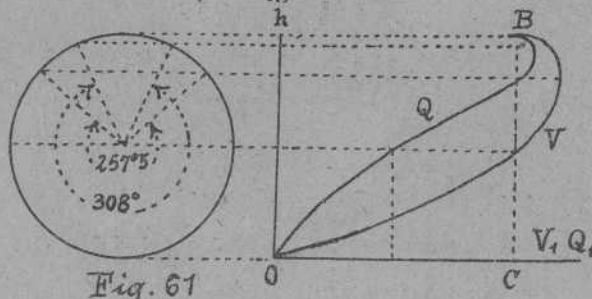


Fig. 61

La curva de velocidades es tal como la $Q \ V \ B$ cuyo máximo corresponde a una altura

$h = 0,85 d$, con una velocidad de un 16 % más que a boca llena.

Para $h = 0$ " $Q = A_0 v_0 = 0$

$h_1 = \frac{d}{2}$ " $Q_1 = A_1 v_1$

$h_2 = d$ " $Q_2 = 2 A_1 v_1$

La curva arranca tangencialmente al diámetro vertical en el origen, pasando por un máximo que corresponde a $h = 0,91 d$, y vale un 8 % más del caudal a tubo lleno; tal es la curva $Q \ B$.

El ángulo correspondiente al perímetro mojado para la altura de la velocidad máxima es $257^\circ 5'$ y el que corresponde a la altura del caudal máximo es de 30° .

Nos conviene una sección hidráulica que nos dé el máximo caudal: a continuación

exponemos un cuadro que nos interesa conocer

Angulos	A	X	R
308°	3, 082 r ²	5, 379 r	0,573 r
257,5	2, 735 r ²	4, 433 r	0,609 r
360°	3, 142 r ²	6, 283 r	0,500 r
180°	1, 570 r ²	3, 142 r	0,500 r

Con esto tenemos todo lo necesario para calcular en seguida los valores de d e I .

Cuando se trata de canales de importancia y se quieren hacer transitables para poder entrar a vigilarlos, se los da una sección de galería de las dimensiones necesarias para que pueda ir derecho un hombre, pues si la sección no fuera lo suficientemente grande, tendría que ir agachado el hombre y como sea preciso recorrer muchos metros de canal, le resultará una posición bastante molesta; por esta consideración, se les debe dar una altura mínima de 1,80 metros.

De los dicho anteriormente se deduce, la preferencia de la sección ovalada sobre la circular y se puede disponer con la punta hacia abajo, figura 62, o con la punta

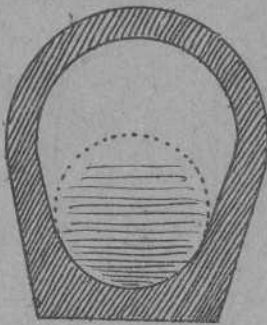


Fig. 62

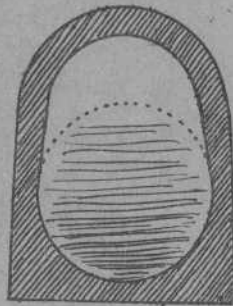


Fig. 63

☛
hacia arriba,
figura 63.

El hacer practicable un canal ocasiona gastos de consideración, por lo que se prescinde, en general

de esta condición. Estas formas, como la circular, requieren poco espesor de fábrica, pero como ya hemos justificado, la mejor es la circular. Las formas planas resisten en peores condiciones y necesitan, por tanto, mayores espesores.

Antiguamente no se adoptaban las secciones circular y ovaladas, porque los procedimientos de construcción estaban muy atrasados y eran muy difíciles de ejecución; ahora, con el hormigón, se pueden hacer todas las secciones, sin distinción de formas, con bastante facilidad, para lo cual se emplean unos moldes entre los que se echa el hormigón y se apisona bien.

En los canales de conducción grandes, se ha adoptado principalmente la forma trapecal, figura 64, cubierta por una bóveda de medio punto y en los acueductos anti-

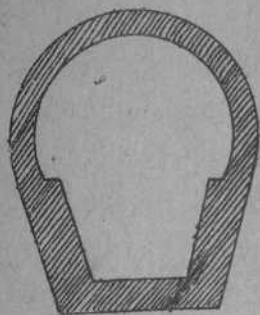


Fig. 64

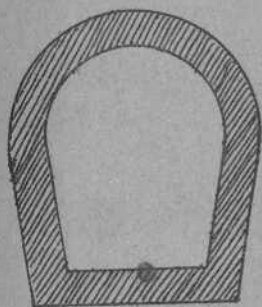


Fig. 65

guos, el canal está formado por muros verticales, al descubierto o cubiertos con bóvedas circulares. Se emplea también la forma de herradura con fondo plano, como la de los túneles de algunos caminos, figura 65.

Los materiales que se emplean varían según las dimensiones de la sección. En los canales pequeños de sección circular se usan tubos de barro cocido o de grés; los de grés, son desde luego los mejores para el alcantarillado y también sirven

para la conducción de aguas potables, por estar vidriados en su interior, con lo cual oponen poca resistencia a la marcha del agua y resultan impermeables, si se hacen bien las juntas. El grés es resistente y un excelente material para tubos hasta de 50 cm. de diámetro; también hay tubos de grés de diámetros mayores, que son tan buenos, en calidad, como los anteriores, pero resultan caros y es más económico hacerlos de hormigón. Los tubos se unen por enchufe o al to-

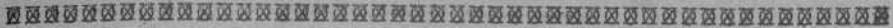
pe con manguito, que es un tubo de mayor diámetro que se rellena con mortero impermeable.

Cuando se trata de grandes secciones, se pueden hacer los tubos en obra, de una sola pieza, una vez que quepa un operario en su interior. Lo corriente es construirlos de hormigón, pero se pueden hacer de mampostería, ladrillo, etc. Desde luego es preciso que todas las mezclas deban tener cemento portland y el mortero del revestimiento debe llevar poca arena, porque ésta aumenta la permeabilidad.

Se emplea también con gran éxito el hormigón armado.

Cuando son de sección rectangular o trapecial no muy grande, en lugar de bóveda se cubre con losas, y en cualquier caso hay que poner encima una capa de tierra de 0,60 m. de espesor como mínimo.

---:---:---:---:---:---:---:---



- X X V I -

CONDUCCIÓN FORZADA. Ya hemos indicado sus ventajas e inconvenientes; como en los canales cubiertos el agua va encerrada y los tubos se entierran a una profundidad, cuando menos de 0,60 m.; tienen la ventaja de que mediante su empleo se puede acortar la longitud de la conducción, puesto que se puede llevar en línea recta, a parte de las desviaciones muy convenientes en muchos casos, para evitar puntos muy altos o muy bajos.

En la práctica suele seguirse un procedimiento mixto, haciendo trozos de conducción libre y otros de conducción forzada.

Las curvas en los canales pueden hacerse de cualquier radio; pero en las tuberías tienen que ser de radio muy grande o muy pequeño; al empalmar dos tubos, pueden quedar sus ejes en línea recta o con una des-

viación de 3° , según sea el sistema de fabricación; cuando el empalme se hace por enchufe, uno de los tubos lleva un ensanchamiento, figura 66, para alojar el extremo

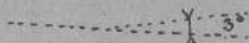


Fig. 66

del contiguo, quedando entre los dos un pequeño juego que permite hacerles sufrir dicha desviación, para construir po-

lignos de lados iguales, inscritos en las curvas; si la desviación de los tubos es la máxima, obtendremos el radio límite inferior de las curvas que se pueden trazar por este procedimiento, que como es fácil ver, es muy grande; conociendo el ángulo de desviación y la longitud de los tubos, nada más fácil que calcular el radio de la curva.

Cuando hay que trazar curvas de radio más pequeño, hay que emplear piezas especiales que viene ya hechas de la fábrica, figura 67, y se llaman codillos, en los que $r = 10 d$, o sea, que el radio de la curva es diez veces el diámetro del tubo. Los hay de tres tipos, que se distinguen por el ángulo que las tangentes en los extremos de la curva forman entre sí, de 15° , 30° y 45° , con los cuales se pueden hacer diversas combinaciones; así el ángulo recto, puede obtener-

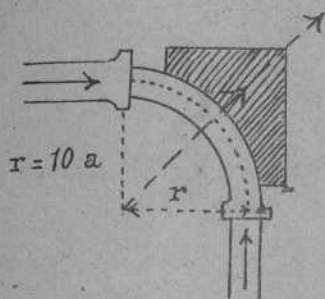


Fig. 67

se con tres de treinta grados o dos de cuarenta y cinco grados.

Con estos elementos hay que llevar a efecto el trazado y como se ve hay menos independencia que en el caso de los

canales.

En los trazados de carreteras y de ferrocarriles, se fijan las alineaciones y las curvas resultan con radios variables que tienen, según los casos, un límite inferior elegido teniendo en cuenta las molestias que las curvas ofrecen a la tracción; en las conducciones forzadas no sucede lo mismo.

Si con la desviación de 3° nos resulta 80 metros de radio, éste es el límite inferior cuando los tubos se enlazan por enchufe.

Antes de pasar adelante, digamos algunos detalles que debiéramos haber expuesto al recordar las fórmulas que se emplean en el cálculo de las tuberías. La velocidad del agua en los tubos no debe exceder en ningún caso de 2 m. por segundo; lo corriente es que valga 1 m. por segundo. (1)

(1) *Zani Bertoni, pag 232 recomienda que $v \geq 0.30$ mts*

Las fórmulas indicadas para el cálculo son:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} v \quad \text{y} \quad h = k \frac{l}{d} v^2$$

Con ellas digimos que se resolvían todos los problemas en las tuberías. Q es siempre un dato y la velocidad se fija provisionalmente en 1 metro por segundo; de la primera fórmula sacamos el valor del diámetro

$$d = 2 \sqrt{\frac{Q}{\pi v}}$$

y de la segunda dividiendo por l los dos miembros, se deduce la pérdida de carga por metro lineal de tubo.

$$j = \frac{h}{l} = k \frac{v^2}{d}$$

El valor deducido para el diámetro, en general, no se puede introducir en las fórmulas, porque los catálogos de las fábricas constructoras nos dan tubos de diámetro determinado y habremos de tomar el que más se le aproxime. Si, por ejemplo, d es igual a 0,375 metros y el catálogo nos da tubos con diámetros de 0,300, 0,350, 0,400 m., podremos tomar el inmediatamente superior o inferior; si elegimos el de 0,400 m., reharemos los cálculos tomando como datos Q y d y ha-

Vase también pag 222-223 y 224 para el empleo de estas fórmulas.

llaremos y que en este caso será menor de 1 m. por segundo y si el valor resultante es aceptable, adoptaremos el tubo ensayado. Para ahorrarnos kilogramos de tubería, tantearemos también el tubo inmediato inferior, cuyo diámetro es $d = 0,350$ metros; en este caso la velocidad resultaría mayor de 1 m. por segundo; tendremos en cuenta que la pérdida de carga es proporcional al cuadrado de la velocidad y la configuración del terreno nos indicará cual de las dos soluciones debemos adoptar.

Volvamos al caso de las curvas, en las tuberías, que estabamos estudiando, y veamos las precauciones que hay que tomar; el rozamiento del agua con las paredes de la tubería, es mayor en las curvas y aunque la pérdida de carga que éste aumento origina es pequeña, se produce además una cierta fuerza centrífuga que se compone con la presión hidráulica y tienden a arrancar el tubo; es preciso, pues, oponerse a este efecto, para lo cual los enlaces de los tubos en los codos, suele hacerse con bridas y además se construye un macizo de fábrica, tal como el indicado en la figura 67.

En el caso en que la tubería esté dentro de una zanja de paredes resistentes,

se rellena sólidamente el espacio que queda entre el tubo y la pared. El cálculo del macizo de fábrica se hace siguiendo los principios de la Mecánica aplicada, deduciendo el peso para que esté asegurado el giro y deslizamiento del macizo; necesitamos, pues, conocer las fuerzas que actúan sobre el macizo y para darnos idea de ellas, pongamos un ejemplo: Sea un tubo de 0,500 m. sometido a una presión hidráulica de 4 atmósferas, siendo 1 m. por segundo la velocidad del agua. El radio de la curva es:

$$r = 10 d = 5 \text{ m.}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Fuerza} \\ \text{centrí-} \\ \text{fuga} \end{array} \right\} = \frac{m \cdot v^2}{r} = \frac{0,5^2 \pi^2}{4} \times \frac{\pi}{2} \times 5 \times 1000 \times \frac{1}{9,8 \times 5} = 29 \text{ kg.}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Presión} \\ \text{estáti-} \\ \text{ca} \end{array} \right\} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \times 4 \times 10 = \frac{0,5^2 \pi^2}{4} \times 4 \times 10 = 7850 \text{ kg.}$$

La resultante de las dos cargas, hidráulica y estática es, en este caso, por ser el ángulo del codo de 90°

$$2 \times 7850 \times \cos 45^\circ = \frac{2 \times 7850}{\sqrt{2}} = 7850 \times \sqrt{2} = 11076 \text{ kg}$$

vemos, pues, que se puede despreciar la fuerza centrífuga con relación a la carga estática que es muy grande. Cualesquiera que sean los valores de estas fuerzas, figura 68, se

componer su resultante con el peso del macizo y la resultante total para que la estabilidad estática esté asegurada, ha de formar un ángulo, con la vertical,

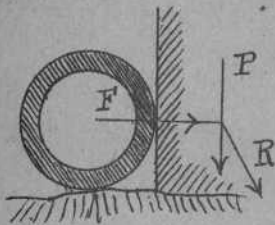


Fig. 68

menor que el de rozamiento de la fábrica con el terreno.

En la conducción forzada se presentan las curvas no solo en planta sino

también en el sentido de la vertical, por ejemplo, en el caso en que la tubería baje por una ladera, figura 69; en este caso, para

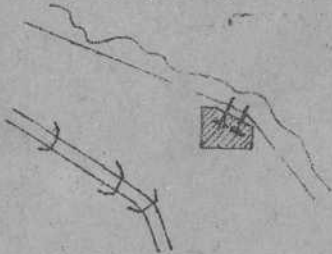


Fig. 69

terreno y en él se empetran las abrazaderas que sujetan el tubo. Se puede también construir el macizo por encima, de modo que su peso contrarreste la acción que tiende a hacer separarse los tubos que se unen en el codo.

Hemos de tener, también, en cuenta, el peso de la tubería y del agua que cuando la pendiente es grande, hace que los enchu-

tes tiendan a saltar originando averías que pueden dar lugar a conflictos graves; para evitar esto, de trecho en trecho se amarran los tubos al terreno por medio de collares, como antes se indicó. Estas precauciones han de ser tanto más minuciosas cuanto mayor sea la presión hidráulica.

Quando hay sifones intercalados en una conducción libre, además de las precauciones necesarias, que deben tenerse en cuenta para evitar los corrimientos del terreno, las filtraciones, asentos, etc., al pasar de canal a sifón, en lugar de una sola cañería se usan dos independientes, con lo cual si una de ellas sufre averías, mientras se reparan, la población no se queda sin agua. En la conducción que trae el agua a Madrid, se emplearon tubos de fundición, que entonces se hacían de poco diámetro, por lo que fué necesario instalar cinco filas de 0,900 m.; hoy se construyen con el mismo material hasta 1,300 m. de diámetro. Como precaución deben hacerse dobles los sifones.

Para la conducción forzada, se pueden emplear distintos materiales. En California (América) se han usado con éxito la madera para grandes caudales y pequeñas presiones; la construcción de los tubos con este mate-

rial, es análoga a la de los toneles o barricas, con la diferencia de que las duelas son rectas, pero como pueden tener tener muchos kilómetros, y no se pueden hacer las duelas de una sola peza, se unen al tope con alternancia de juntas y para sujetarlas se ponen unos flejes de hierro, como frenos de cinta, que se templan por medio de unos tornillos. En conducciones de muy pequeña importancia y presión, se emplea el barro cocido y el grés; el barro cocido resuelve el problema en muchas aldeas para llevar agua a una fuente situada en la plaza. El grés, aunque más resistente que el barro cocido, no sirve para sufrir grandes presiones.

Se ha empleado también la mampostería, pero no sirve para resistir a esfuerzos de tensión, pues se necesitarían grandes espesores. Lo mismo puede decirse del hormigón, a no ser que se arme con varillas de acero convenientemente enlazadas.

---:---:---:---:---:---:---:---

4, 5, 6, 120 cm. de diámetro y que crecen al principio de cm. en cm. empezando por 4, desde 10 crecen de 2,5 cm. en 2,5 hasta los 20, de aquí de 5 en 5, luego de 10 en 10, etc.

Quando se trata de cañerías de diámetro más pequeño, se construyen de plomo. En las conducciones por pequeñas que sean, se emplean siempre tubos de más de 4 cm. de diámetro y nunca se aplican los de plomo; sin embargo, hay alguna excepción, por ejemplo, en Dinamarca, que para llevar el agua a una isla, con objeto de abastecer unas cuantas viviendas, se empleó un tubo de plomo de cinco centímetros de diámetro, armado con un alambre de acero arrollado del mismo modo que se hace con las mangueras de goma, con el fin de que arrojado al mar se adaptase a las sinuosidades del fondo.

En la distribución que se hace en las habitaciones, es donde se emplean los tubos de plomo que son siempre de pequeño diámetro y se adaptan con facilidad al perfil que convenga, sin tener necesidad de recurrir a cediños.

Ya dijimos que deben ir los tubos de la conducción enterrados en una carga de tierra de 0,60 a 1 m., pues de esta manera

se evitan las variaciones bruscas de temperatura del agua y las dilataciones de la tubería.

Cuando el agua de la conducción procede de un manantial, la carga de tierra puede ser algo menor, por ser más fresca y más constante su temperatura.

Una tubería puesta sobre la superficie del terreno, está expuesta a variaciones de temperatura de unos 60° que hace que los tubos se contraigan y se estropeen las cañerías; esto se evita enterrándolos, pues la helada nunca penetra a 0,60 m. de profundidad.

En algunos trayectos, por razones de economía, los sifones pueden quedar al descubierto; tal sucede en laderas rocosas, y cuando en pequeñas longitudes no da lugar a que el agua se caliente mucho. En los tubos expuestos a los efectos de la dilatación, es preciso tomar precauciones, para lo cual se hacen uso de las juntas de dilatación.

Cuando se trata de tubos de fundición, son análogas a las cajas de estopas de las máquinas de vapor, figura 70, consiste en un ensanchamiento en el extremo de un tubo en el que penetra el siguiente

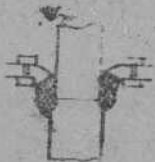
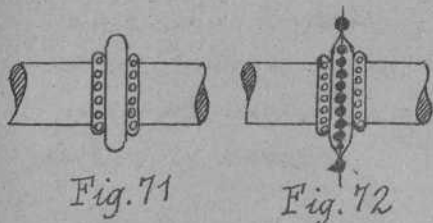


Fig 70

con un huelgo de algunos centímetros que se rellena con estopas u otra guarnición que se aprieta por medio de un manguito que termina en unas crejas y se ajustan por medio de pernios. Otras veces se pone un tapón de filástica en forma de anillo y el resto se rellena con plomo fundido que se introduce en acanaladuras que llevan los tubos y la corona exterior se cubre con arcilla plástica; para asegurarse más de la impermeabilidad del plomo, se suele retacar después en frío. Este método tienen el inconveniente de que por el juego de la dilatación se estropean las juntas y el agua se escapa.

En los tubos de gran diámetro hechos con palastros roblenados, la junta se dilatación se puede efectuar intercalando una especie de fuelle metálico de forma curva o cónica, figuras 71 y 72.



Al hacer el asiento de los tubos hay que tener también en cuenta los efectos de la dilatación. Si la

colocación de los tubos en la zanja se hace en el verano, se pueden poner formando una línea ligeramente quebrada, de esta manera,

llegado el invierno ellos mismos se enderezan por la contracción que experimentan.

Las tuberías se deben cubrir en seguida con tierra, pero antes hemos tenido que cerciorarnos de que las juntas están bien hechas, por medio de pruebas que se acostumbra a practicar por trozos, poniendo al extremos de la tubería una placa de contrarresto, figura 73. Si hace falta presión

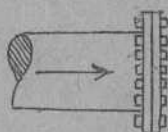


Fig. 73

se emplea una prensa hidráulica, pero como lo corriente es que se empiece a construir a partir de la toma hacia el punto de la utilización, al llenar el trozo a probar de agua, los tubos tienen ya la presión que han de soportar; se observan bien las juntas y en los escapes se retacan hasta conseguir su impermeabilidad. Sabemos que el agua en reposo puede helarse y abrir los tubos, y como al hacer las pruebas el agua no está en movimiento y ha de permanecer detenida cierto tiempo en los tubos, hay que tener en cuenta esta circunstancia al efectuar las pruebas.

La zanja ha de tener el ancho necesario para que quepa el tubo y el obrero pueda ejecutar con comodidad las juntas.

Hay que preparar el fondo para pro-

percisionar un buen asiento a los tubos, enrasando con una capa de tierra de modo que no queden altos y bajos, con lo que se consigue que el tubo asiente en toda su longitud. Colocado un tubo hay que presentar el otro antes de hacer la unión; para esta operación hay que disponer de un hornillo portatil y una caldereta donde fundir el plomo; también suele emplearse plomo en frio que se ajusta y comprime retacándole a golpes de martillo.

Los tubos se bajan a la zanja con mucha precaución y esta operación se hace más o menos facil dependientemente de su peso. Si son de fundición, se les debe preservar de los golpes. Su transporte al lugar de la obra presenta, a veces, dificultades tratándose de terrenos accidentados. Cuando son pequeños, se suspenden de cuerdas o se bajan haciendo uso de una rampa de madera, sujetándolos por medio de una cuerda que la manejan los obreros, soltando poco a poco, para que el tubo baje lentamente; una vez en la zanja es necesario correrlos para enchararlos, empleando palancas y cuñas. Cuando los tubos son grandes se bajan con cabrias, llevándolos después a su sitio por medio de rodillos; también se emplea en las grandes instalaciones, un carretón de cuatro ruedas

que marchan sobre unos tablonos que hacen de carriles, puestos a lo largo de la zanja, el carretón lleva dos tornos de los que se suspende el tubo para dejarle directamente en el sitio que ha de ocupar; se puede hacer también una línea férrea fácilmente desmontable, que se traslada a lo largo de la zanja, por la que puede marchar un wagón con una grua de brazo giratorio que pesca los tubos y los conduce al sitio que han de ocupar. En las curvas hay que establecer los macizos de contrarresto de que hablamos ya anteriormente.

OBRAS ACCESORIAS DE LA CONDUCCIÓN LIBRE Y FORZADA. En la conducción libre hay que poner en primer lugar los registros que son obras que sirven para hacer visitable la conducción y hay que repetirlos en distintos puntos a distancias más o menos grandes, según que el caso lo requiera. Se entra en la conducción por los registros y el problema que hay que resolver es establecer la comunicación con el exterior; se puede colocar inmediatamente en la parte superior correspondiéndose el eje de la comunicación con el de simetría de la cañería; pero esto tiene el inconveniente de que los obreros se tienen que descolgar desde una buena al-

cesorias, para que el nivel no pase de cierto límite.

El trayecto desde la embocadura hasta el punto de utilización, se divide en trozos cuya longitud varía según el criterio del Ingeniero, en cuyos extremos se ponen almenaras y así, en caso de una avería, no hace falta cortar el agua en todo el canal, lo que en conducciones de mucha longitud determinaría una pérdida grande de tiempo, ya que la velocidad del líquido es muy pequeña.

Supongamos, por ejemplo, que hay que cortar el agua en uno de esos trozos; para ello se bajan las compuertas transversales de aguas arriba, abriendo al mismo tiempo las compuertas del costado o de fondo para que el agua se escape.

Todo esto se hace al descubierto en los canales de riego y también en los de abastecimiento, pero en este último caso, se edifica una casilla de protección desde la que se hacen las maniobras. Ordinariamente la compuerta lateral está echada y abierta la transversal. Como hemos ya indicado, si la avería ocurriese al principio del canal y no existiesen las almenaras, para llevar a cabo la reparación, la población tendría que pasarse sin agua mucho tiempo.

Cuando existe en las compuertas transversales un fuerte estrechamiento de la sección del canal, se produce un aumento de velocidad y por consiguiente un cierto remanso, que se evitan haciendo las compuertas bastante anchas para que el aumento de velocidad sea despreciable. Es natural que las almenaras se pongan aprovechando los pasos del canal por las vaguadas, siendo el sitio indicado la misma tajea u obras de fábrica que se instalen para salvar la vaguada.

En la conducción forzada, los tubos pueden ir subiendo y bajando con la sujeción de que no han de tocar ni cortar a la línea de los niveles piezométricos; en los puntos altos hay que colocar ventosas que sirven para sacar al exterior el aire que arrastra el agua, que por su menor densidad se deposita en dichos puntos disminuyendo la sección e impidiendo el paso del agua.

Veamos los tipos más convenientes. Imaginemos que en un punto alto ponemos un tubo vertical abierto, el aire que llega a dicho punto sale al exterior; la ventosa que así resulta es muy segura, pero no siempre se puede emplear en la práctica, porque el tubo vertical ha de llegar hasta la línea de los niveles piezométricos y hay oca-

siones en que se necesitaría una longitud de tubo exagerada, siendo preciso construir un andamiaje para su sostenimiento.

Otro procedimiento consiste en poner en los puntos en que se acumula el aire, un tubo corto provisto de un grifo, de cuyo funcionamiento se encarga un guarda, abriéndolo de tiempo en tiempo para que salga el aire, que al principio produce un ligero silbido y mitigado éste, empezará a salir el agua, siendo éste el momento en que debe cerrarse el grifo. Este procedimiento tiene el inconveniente de necesitar una estrecha vigilancia.

El procedimiento que vamos a indicar evita el servicio de vigilancia. Supongamos que en las proximidades hay una aldea o pueblo, entonces podemos establecer una conducción a partir del punto alto e instalar una fuente que hará el oficio de ventosa. Este procedimiento se podrá utilizar cuando no haya inconveniente en perder parte del caudal.

Finalmente, se construyen ventosas automáticas, así llamadas porque por sí solas dan salida al aire cuando se acumula, permaneciendo cerradas en caso de que no haya aire acumulado.

El fundamento de esta ventosas
consiste, figura 75, en poner un injerto ver-

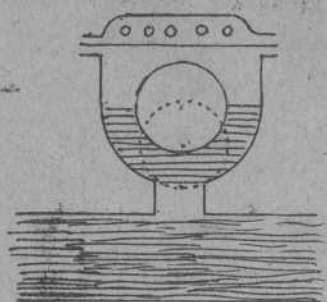


Fig. 75

Cuando no hay aire acumulado, el agua penetra en la cámara y la bola flota cerrando la comunicación con la atmósfera; si el aire se acumula, desciende el nivel del agua y la bola baja por su peso, dejando libre la salida del aire.

Es necesario tener en cuenta que puede suceder que la cámara se llene de aire y no baje la bola, sucediendo esto porque en el sector indicado en la figura 76, no están

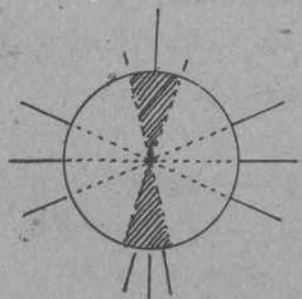


Fig. 76

tical en el punto alto de la cañería, que lleva una llave o grifo y termina en una cámara que contiene una bola, practicando en la tapa superior de la cámara un orificio que comunica con la atmósfera.

equilibradas las presiones más que por el peso de la bola y la presión atmosférica. Si la resultante del peso y la presión atmosférica es mayor que la resultante de las presiones no equilibradas,

la bola caerá, lo cual se consigue haciendo que el orificio de comunicación con la atmósfera sea muy pequeño y grande el diámetro de la bola.

Modernamente, para aumentar la sensibilidad, se recurre al empleo de una palanca, cuyo brazo mayor lleva el flotador y el más pequeño el tapón, con lo cual se disminuye el esfuerzo aumentando el camino recorrido. Hay otros sistemas que se diferencian en las disposiciones de las palancas y en las combinaciones de las mismas.

Estas ventosas son de funcionamiento algo dudoso y para evitar su empleo, se debe huir de los puntos altos, aunque sea a costa de desviar el trazado para conseguir que vengan a la altura de la línea de los niveles piezométricos y entonces se ponen en comunicación con la atmósfera directamente.

En los puntos bajos hacen falta desagües que estudiaremos en los detalles de la distribución; se ponen en la parte baja del tubo y como la reacción que se desarrolla a la salida del agua es grande, hay que levantar un macizo de contrarresto.

Otra obra necesaria es la que se hace en el pase de conducción libre a forzada. Por razones de economía se emplean estas cor

ducciones mixtas, siendo la conducción forzada indicadísima en los pasos de los valles. El paso de conducción libre a forzada, se verifica mediante la construcción llamada cabeza de sifón, figura 77. El canal termi-

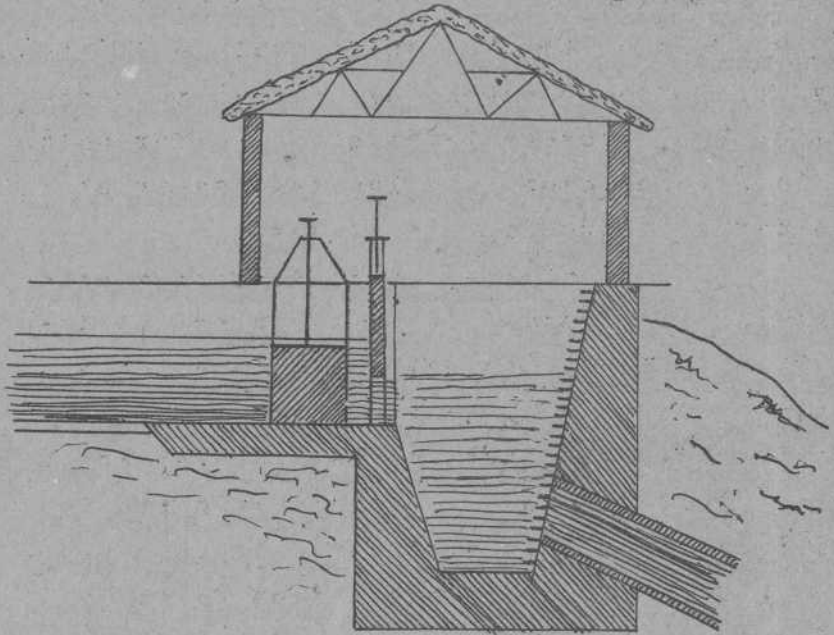


Fig. 77

na en una arqueta de la que parte el sifón y a la terminación del canal hay una almenara que tiene por objeto impedir la entrada del agua en la arqueta en caso de avería. Al otro lado del valle, al pasar de la

conducción forzada a la libre, se hace una construcción análoga. En lugar de una tubería, pueden arrancar varias, que se deben montar, de modo que exista independencia entre ellas, como se indica en la figura 78.

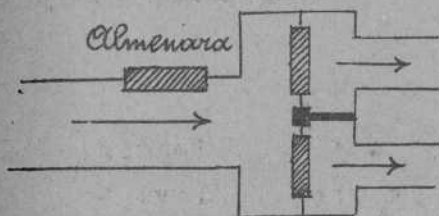


Fig. 78

La cabeza de sifón, como todas las obras importantes del canal, se cubre con una casilla. Para el buen funcionamiento del sifón, hay que tener cuidado al lle-

narlo y vaciarlo, con el fin de evitar los efectos destructores del agua a gran velocidad.

XX

- X X I X -

UTILIZACIÓN DE LOS SIFONES. Imaginemos el sifón vacío y que de repente levantamos la compuerta transversal de la almenara situada en la cabeza del sifón, cerrando al mismo tiempo la compuerta del costado, para que toda el agua del canal vierta en la arqueteta; entonces el agua cubre por completo la boca del tubo e impide la salida del aire, ocurriendo lo mismo que en una botella llena de agua que, destapada, se pone boca abajo; el aire sale tumultuosamente por la boca de entrada y el agua que penetra produce golpes de ariete que no son de temer cuando el sifón es de poca longitud, pero sí cuando es muy largo, por las dislocaciones que determinan en la tubería. La compuerta de la cabeza del sifón puede servir también para graduar la entrada del agua en el sifón, cuando se va a llenar, de modo que al prin-

oipio no llene por completo la boca, con el fin de que el aire pueda salir de un modo continuo y la cantidad de agua que penetre sea pequeña, hasta que el sifón se llene por completo: realizando así la operación no sufre nada la tubería.

Se puede tomar la determinación de de llenar por abajo el sifón para lo cual, del canal parte un tubo de pequeño diámetro, con llaves, que termina en el punto más bajo de la tubería; cuando se quiere llenar, no hay más que maniobrar las llaves del pequeño tubo, para que el grande se llene en la forma que se ha dicho, con lo cual se evitan por completo los golpes de ariete y por consiguiente sus efectos destructores; terminada la operación, se cierran las llaves y se establecen en la cabeza del sifón las comunicaciones para que el agua del canal pase por él. Esta disposición se adoptó en la conducción del abastecimiento de Nápoles, en la que hay un sifón de dos tubos, figura 79, que se llena o ceba por la par-

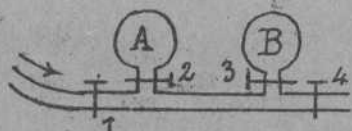


Fig. 79

te inferior para evitar la lucha entre el agua y el aire; si ocurre una avería en el tubo A, se maniobran

las compuertas de la cabeza del sifón, para que no entre el agua en dicho tubo y para vaciarlo por completo, se abren las llaves 2 y 4; hecha la reparación, se cierra la 4 y se abre la 1 así como la comunicación del tubo pequeño, hasta que el tubo A esté cebado, cerrando entonces la llave 2, etc.

Para llenar el sifón, se han ideado válvulas especiales, como la de la figura 80, en la que se ve el fondo del arca, con

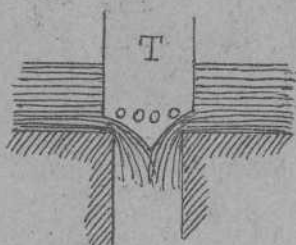


Fig. 80

la boca del sifón. Para cebar el sifón, después de una reparación, se gradúa la entrada del agua por medio de la válvula T, que es un tubo hueco, cerrado en punta por la parte inferior, en la que

lleva una serie de orificios por los que sale regularmente el aire del sifón, a medida que es reemplazado por el agua que penetra en pequeña cantidad; naturalmente la altura del tubo T tiene que ser mayor que el nivel del agua en el arca de la cabeza. Con estas válvulas, pueden arrancar todos los tubos del sifón de la misma arqueta, sin necesidad de hacer en ella compartimentos que permitan aislar los diferentes tubos.

No hay que olvidarse de la reacción del agua en los desagües de los tubos del sifón, que exige la construcción de macizos de contrarresto. Estos desagües se disponen en los puntos más bajos, que corresponden al paso del sifón por la vaguada del valle. Cuando no corren aguas superficiales por la vaguada, se hace en ella una zanja, para atravesarla con el sifón, poniendo un registro del que parte un canal de desagüe, de menor pendiente que la del fondo del valle, para ganar altura, a fin de darle salida por una de las laderas. Si corre un río por la vaguada, en lugar de enterrarle solamente, hay que protegerle contra las socavaciones, tratándose de un río de régimen torrencial y para esto se construye una presa para defender el fondo en las proximidades del sifón, con el paramento de aguas arriba vertical, al que se adosan los tubos, e inclinado el de aguas abajo, para que al verter el agua se amortigüe su acción destructora; se puede hacer también un puente acuoducto, de fábrica o metálico, que se construye como los de los caminos ordinarios y de ferrocarriles, de los que difiere únicamente en su finalidad, que es la de soportar uno o varios tubos, a los que se proveen de juntas de dila-

tación, cuando el puente es metálico, y en el otro caso, se construyen dos muretes de fábrica, entre los que se ponen los tubos, relleno con tierras, para librarlos de las variaciones de temperatura del exterior.

Cuando el río es más importante, de los de régimen establecido, se puede recurrir a otro procedimiento; puesto que las excavaciones no son de tener, se hace una zanja en el fondo por trozos, mediante el empleo de ataguías, en la que se entierran los tubos, o bien se sumergen directamente en el río, uniéndolos no del modo ordinario, sino con juntas de rótula, cuya descripción haremos más adelante, poniendo aguas abajo para sostener el sifón, una fila de pilotes.

AGUA ELEVADA. Hay ocasiones en que por razones económicas, se eleva el agua de los ríos para abastecer las poblaciones situadas en sus márgenes, en lugar de traerlas por medio de muchos kilómetros de canal de puntos lo más próximos posible del nacimiento del río. Para esto se hace una instalación de bombas que elevan el agua a un depósito, cuya disposición puede verse en las figuras 81, 82, y 83. Cuando en los alrededores de la población hay una colina o cerro de cota más alta, éste es un punto obli-

$$H = h_1 + h_2$$

$h_2 =$ pérdida de carga por la cámara

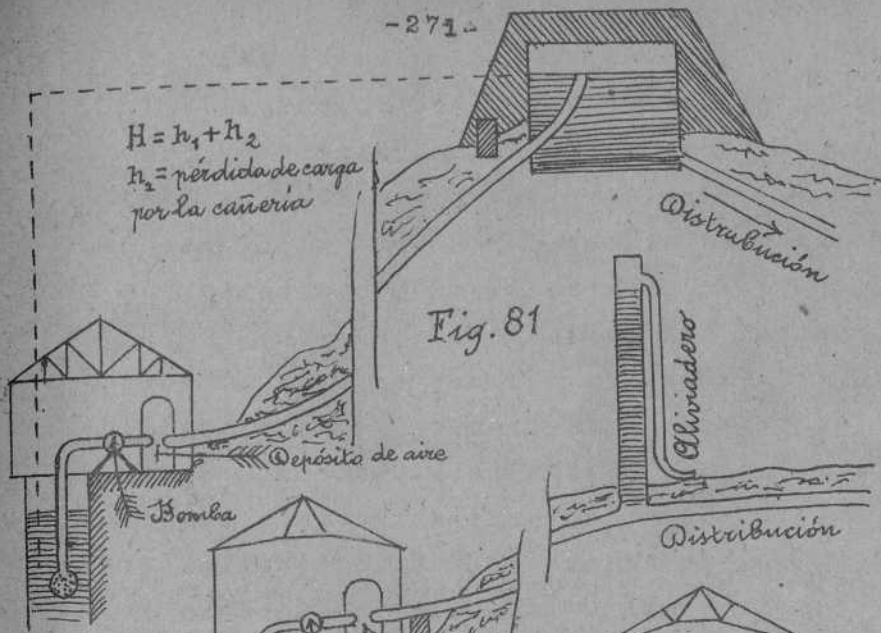


Fig. 81

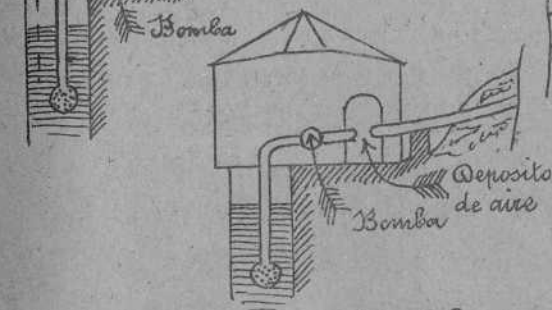


Fig. 83

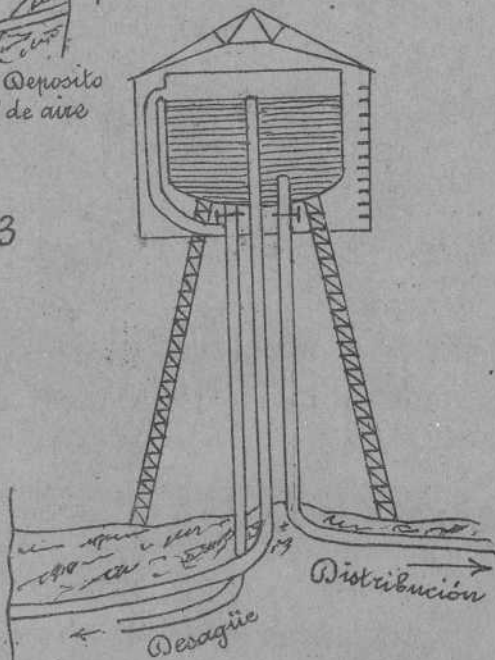
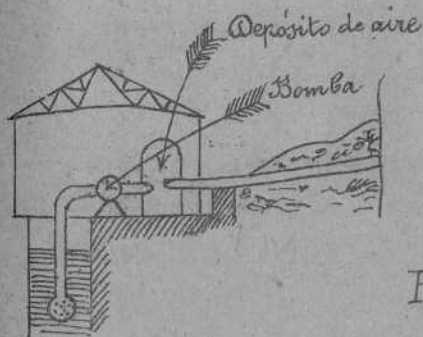


Fig. 82

gado para colocar el depósito regulador de la distribución, figura 81. Cuando no se presta la topografía del terreno, hay que construir una torre, para sostener el depósito regulador, con la altura suficiente para que no falte presión en las cañerías de la distribución, figura 83.

A veces, es más conveniente, figura 83, construir en el trayecto una chimenea, cuya misión es mantener la presión necesaria en la distribución; esta chimenea o tubo de presiones, se puede emplear en aquellos lugares en los que cuesta caro el terreno destinado a esta clase de obras, pero tiene el inconveniente de que exige el funcionamiento continuo de las bombas para atender a las variaciones de consumo y el trabajo de las bombas tiene que ser, por consiguiente, variable, lo que se consigue parando y poniendo en marcha, según las exigencias del consumo, algunas de los grupos de la instalación.

Los dos primeros procedimientos son los que se adoptan en Europa, y mediante ellos, las bombas no necesitan trabajar todo el día, siendo además su trabajo más uniforme. Cuando se dispone de una colina para situar el depósito, se le puede dar a éste ma-

yores dimensiones que cuando hay que sostenerle por medio de una torre, pues la construcción de las torres es cara y esto exige que al ser menor el depósito, las bombas sean de mayor potencia y que trabajen más horas al día.

UBICACIÓN DE LAS BOMBAS Y MÁQUINAS.

Hay que buscar el punto en que se ha de hacer la instalación de las máquinas, con la condición de que las cañerías de aspiración y de impulsión resulten lo más cortas posibles. Esto es un principio fundamental en esta clase de obras.

La altura de aspiración es teóricamente de 10 m. próximamente, que es la de la columna de agua que hace equilibrio a la presión atmosférica, pero sabemos que no se puede realizar prácticamente, por la existencia de diversas pérdidas de carga, no conviniendo tomar más de 5 o 6 metros y 7 como máximo. Cuando se hace la instalación a orillas de un río, hay que disponer la caseta de modo que no sea alcanzada por las mayores avenidas. La caseta ha de ser amplia, para que todos los servicios se puedan efectuar con comodidad y en ella debe existir un pequeño taller de reparaciones; además, es preciso tener en cuenta que el crecimiento probable

de la población exigirá hacer ampliaciones.

La tubería y el depósito se calcularán para un período de 40 o 50 años, y las máquinas se deberán calcular para un servicio de unos 20 años, por ser su duración más limitada.

El agua viene rodada a un pozo de donde se toma para elevarla. El tubo de aspiración conviene que sea lo más corto posible y en el caso de que sea de gran longitud hay que huir de los puntos altos, porque puede suceder que la presión en ellos sea inferior a la atmosférica, en cuyo caso se desprende el aire que lleva disuelto el agua, acumulándose las burbujas que se oponen a la aspiración, disminuyendo el rendimiento de las bombas.

Cuando existen puntos en los cuales es de temer la acumulación del aire, se adoptan disposiciones especiales para extraerle, que en esencia consisten en situar en la parte superior de los mismos, un tubo de pequeño diámetro que los pone en comunicación con una bomba de aspiración.

Para calcular los tubos de aspiración e impulsión, son datos el caudal y la velocidad con los que se determina el diámetro. La velocidad en el tubo de aspiración no de-

be pasar de 0,60 m. por segundo y en el de impulsión debe ser inferior a 1 m., aunque mayor que la anterior, un buen término medio es de 0,80 metros por segundo.

Cuando el tubo de aspiración es de gran diámetro, conviene poner en la alcañofa una válvula que cierre de arriba a abajo para que no se descebe.

El tubo de impulsión puede tener mucha longitud.

Entre las bombas y el depósito regulador, se pone un depósito de aire, provisto de válvulas de seguridad y de un manómetro indicador de la altura del agua en el depósito; este depósito tiene generalmente tres veces el volumen de los cuerpos de bomba y se hace como las calderas de vapor, de virolas de chapa roblonadas, formando un cuerpo cilíndrico que se cubre con un casquete esférico.

Ahora necesitamos saber cual es el número de bombas que hemos de poner y su potencia. Esto depende del número de horas de trabajo que se les asigne por día; de las variaciones del consumo en el día y de la capacidad del depósito. Hay que hacer, pues, estudios análogos a los que se hicieron en el cálculo de los algibes, en el que consi-

derabamos la curva de abastecimiento y la del consumo.

Aquí se supone constante la alimentación y variable el consumo, se toman como abscisas las horas del día y como ordenadas la suma de los caudales elevados en cada hora, contados a partir de un instante cualquiera. La línea de alimentación, en la hipótesis hecha, es una recta O C, figura 84, y

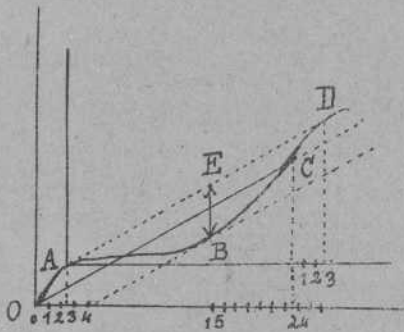
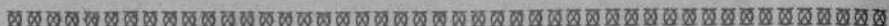


Fig. 84

la suma de los caudales consumidos o línea de consumo es la curva O A B C.

El abastecimiento hay que hacerlo a partir del punto A para que no falte nunca agua en el depósito re-

gulator. La parte C D de la curva, no es más que la reproducción, a partir del punto C, del trozo de curva O A, siendo A D la recta del consumo referida a los nuevos ejes; evidentemente ambas líneas tienen común el punto D. La diferencia entre las ordenadas de la línea de alimentación y la del consumo, es lo que en cada instante ha de contener el depósito regulador cuya capacidad está dada por la máxima de dichas diferencias B E.



- X X X -

Decíamos que el número de bombas, de una instalación de elevación de aguas, depende de la cabida del depósito regulador y éste a su vez de las variaciones del consumo y del número de horas de trabajo.

Vamos a razonar teniendo a la vista la curva del consumo del abastecimiento de Madrid, figura 85. La alimentación debe ser constante durante el tiempo de funcionamiento de las máquinas, que puede ser todo el día o una fracción del mismo.

En el primer caso, para evitar diferencias de ordenadas negativas, hay que comenzar el abastecimiento a partir del punto de la curva del consumo que corresponde a las 20 horas, en que la tangente es paralela a la recta que representa la ley de variación de los caudales elevados y deje por debajo a la misma en toda su longitud. La di-

Supongamos ahora el caso en que las bombas no trabajen más que 10 horas. La ley de variación de la alimentación está formada por dos rectas, una inclinada y otra horizontal, pudiendo comenzarse a cualquier hora con tal de que no existan diferencias de ordenadas negativas; comenzando a las 8 de la mañana, la cabida del depósito es un 47,6% del máximo diario y se ve que varía con la hora de partida, por lo que debemos buscar la que nos dé un mínimo para la máxima diferencia de ordenadas, que es la cabida mínima del depósito trabajando 10 horas las máquinas.

Un procedimiento para hallar este mínimo, consiste en trazar una curva paralela a la del consumo a la distancia de 14 horas y buscar la menor diferencia de ordenadas de las dos curvas, de la que se deduce fácilmente la hora de partida correspondiente.

Se desprende de cuanto llevamos dicho, que según sea el trabajo de las bombas, se necesita un depósito mayor o menor, y viceversa, esto es, que el número de horas de trabajo está relacionado con la cabida del depósito. Se pueden hacer muchas combinaciones y el trabajo del Ingeniero consiste en dar con la más conveniente.

En una instalación de pequeña importancia, resulta económico el empleo de una bomba trabajando 10 horas con un depósito regulador de un 45 % del consumo máximo diario; además, hay que tener un motor con su bomba de reserva.

Cuando la instalación es de mayor importancia, se pueden hacer muchas combinaciones: una de ellas tres grupos motores-bombas, de los cuales dos trabajan y uno queda de reserva.

La figura 86, representa las curvas que dan las variaciones horarias del consumo en Madrid, en Berlín y en París. Por la noche, durante las horas 0, 1, 2, 3, 4, 5, el consumo es proximately constante debido a pérdidas en la distribución; teóricamente, suponiendo que nadie hace uso del agua, debería bajar el consumo un 2,52 % en Madrid, 1,80 % en Berlín y 3,40 % en París. Estas curvas se refieren al verano; a las 5 de la mañana comienza a crecer el consumo hasta las once en que tiene lugar el máximo consumo, después desciende hasta las 2 de la tarde en que se presenta un mínimo, crece luego hasta las 5 de la tarde y por último baja constantemente hasta las 12 de la noche. Todos estos resultados se retrasan una hora

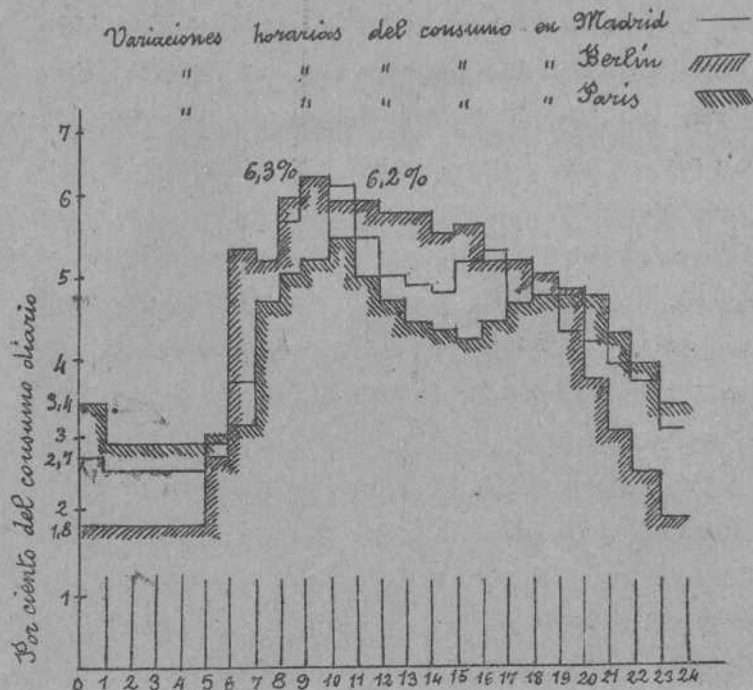


Fig. 86

en el invierno.

Vamos a justificar lo que hemos dicho ya anteriormente, al hacer el cálculo de la dotación de una población y el diámetro de los tubos de la distribución: Tenemos

Madrid	máximo	=	$\frac{6,2 \times 24}{100}$	=	1,49
	medio		100		
Berlín	máximo	=	$\frac{6,3 \times 24}{100}$	=	1,51
	medio		100		
París	máximo	=	$\frac{6,3 \times 24}{100}$	=	1,51
	medio		100		

luego el consumo máximo diario es aproximadamente vez y media el consumo medio diario.

De todos modos, cualquiera que sea el número de máquinas que figuren en una instalación de elevación de aguas, deben funcionar a la velocidad de máximo aprovechamiento a plena carga, resultando entonces la línea del consumo una línea recta. Para un determinado trabajo diario, cuanto menos tiempo trabajen las máquinas, mayor ha de ser su potencia, pero entonces será mayor su coste, se necesitará mayor espacio de instalación y los gastos de ésta también serán mayores; sin embargo, después el gasto general de explotación es mucho menor; además tienen la ventaja de que si hubiera más aumentó de consumo, haciéndolas trabajar más horas, se puede atender al nuevo gasto.

Para la elevación de aguas se pueden emplear todos los motores conocidos, aunque unos son mejores que otros.

En abastecimientos pequeños, se puede emplear malacates o norias movidas por animales; un caballo produce un esfuerzo equivalente a 40 kg.

Las ruedas y turbinas hidráulicas se pueden utilizar para abastecimientos importantes y para hacer el cálculo de la poten-

cia necesaria, nos hace falta conocer el coeficiente de aprovechamiento. En las turbinas antiguas, este coeficiente suele variar entre 0,40 y 0,50; cuando son alimentadas por la parte superior, llegan hasta 0,50 y 0,60, y en las bien construidas hasta 0,70, pero no es corriente emplear en España estos motores de ruedas; más empleadas son las turbinas cuyo coeficiente de aprovechamiento varía entre 0,75 y 0,80.

Hay poblaciones en que se puede utilizar un molino viejo, que mejorándolo puede servir para la elevación. Es necesario tener, además, un motor de gas de reserva, pues, por ejemplo, cuando la presa es larga y está junto al molino, disminuye el salto durante las avenidas, y para no interrumpir el servicio, hay que echar mano de la reserva. Se pueden aprovechar también los motores hidráulicos en sitios lejanos de la distribución, para transformar la potencia del salto en energía eléctrica.

Los motores de viento se utilizan para riegos y otros servicios no permanentes; próximos a ellos se construye un estanque que se llena cuando hace viento y sirve de depósito regulador; tienen el inconveniente de que son muy inseguros en países en los

que son frecuentes las calmas atmosféricas, por cuya razón no tiene aplicación en los abastecimientos.

Los motores de vapor son muy empleados por su fácil manejo y la posibilidad de encontrar mecánicos lo suficientemente preparados para reparar las averías que puedan sufrir, pero con el inconveniente de que la instalación necesita mucho espacio; estando generalmente los generadores en distinto departamento que los motores, y además ha de haber la holgura necesaria para evitar desgracias personales. En los motores grandes, el coeficiente de aprovechamiento es 0,80 y el consumo de carbón mucho menor que en los pequeños: en los grandes 0,5 kg. por HP-hora y en los pequeños 4 hg. por HP-hora.

Los motores de gas pobre y de bencina no se utilizan más que en casos particulares.

Los motores eléctricos se generalizan cada vez más por disponerse de energía eléctrica en todas partes, porque ocupan poco sitio, porque resulta fácil su manejo, por tener la ventaja de que se acoplan directamente con las bombas centrífugas, por haber personal abundante para su manejo y por tener un coeficiente de aprovechamiento muy elevado, pues se llega como término medio hasta un rendimiento de un 95 %.

bas combinadas.

ARIETE HIDRÁULICO. Para abastecimientos pequeños, existe un aparato muy útil, que es a la vez motor y bomba, conocido con el nombre de ariete hidráulico, cuyo funcionamiento vamos a bosquejar. De un depósito de agua, figura 87, que puede ser una corriente

Detalle

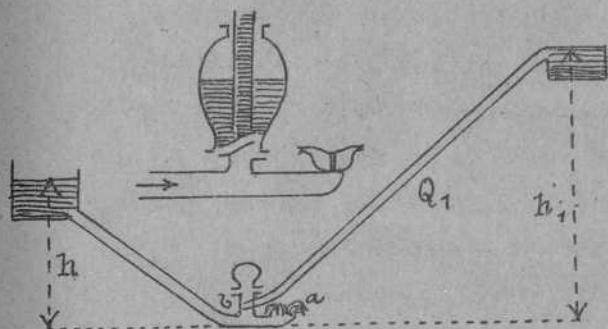


Fig. 87

te, baja un tubo en cuya parte inferior existe el juego de válvulas indicado en el esquema y un depósito de aire

del que arranca el tubo de elevación.

El agua baja por el primer tubo, sa- por el extremo a y al verter arrastra la válvula y dierra la abertura. Entonces se produce el llamado golpe de ariete, en virtud del cual se levanta la válvula b, y una parte del agua penetra en el tubo de elevación. La diferencia de presiones obliga a cerrarse a la válvula b, la a se abre por su propio peso y comienza de nuevo el movimiento del agua; nuevo golpe de ariete y así sucesivamente.

El aparato funciona automáticamente y los arrietes bien contruidos llevan un aparato regulador. Los golpes periódicos que producen el juego de las válvulas, hace que no sea muy agradable vivir en la vecindad de una instalación de este género.

Lo mismo que las demás bombas, se encargan a la fábrica.

Si llamamos Q el caudal motor y Q_1 el elevado por minuto, h y h_1 las alturas de los depósitos, se puede emplear para calcular el caudal, la siguiente fórmula

$$k Q h = Q_1 h_1$$

en la que k vale, según Eitelwein,

$$k = 1,12 - 0,2 \sqrt{\frac{h_1}{h}}$$

Para calcular los diámetros de los tubos, se hace uso de las siguientes fórmulas de Weisbach:

$$d = 300 \sqrt{Q} \quad \text{''} \quad d = 0,5 d$$

d está expresada en mm. y Q en m.³ por minuto.

Indiquemos ahora el procedimiento que se emplea para calcular la potencia de la bomba y el diámetro de la cañería de elevación.

Cuando tengamos que hacer una elevación de agua, empezaremos por fijar la dotación por habitante y día, que en este caso

la reduciremos a un mínimo, pues si damos una dotación espléndida, se necesitarán muchos kgm, para hacer la elevación y el procedimiento resultará caro. En poblaciones pequeñas, se toma como dotación de 50 a 60 litros y con ésta se calcula la tubería de elevación que ha de servir para un periodo de 40 años; es preciso, pues, calcular el aumento de población al cabo de este número de años y como ha de traer el máximo diario para atender al consumo máximo hay que multiplicar por 1,5 el consumo medio diario. Si las máquinas funcionan las 24 horas, no hay más que dividir lo anterior por 86400 y si funcionan 10 horas se dividirá por

$$10 \times 50 \times 60 = 36000$$

De la fórmula

$$Q = v \cdot \Omega$$

se deduce que para conocer la sección hemos de conocer la velocidad del agua, que generalmente se toma 0,80 metros y se tendrá:

$$\Omega = \frac{Q}{0,8} = \frac{\pi d^2}{4}$$

De aquí se deduce d. Si d resulta igual a uno de los diámetros de la serie de fábrica, se tomará ese, sino se toma el inmediatamente superior y una vez conocido, se puede determinar la potencia necesaria pa-

ra la elevación.

Las máquinas hay que calcularlas para un período de unos 20 años y por consiguiente es preciso conocer el aumento de población en este período de tiempo. Han de poder elevar el máximo diario a los 20 años.

La potencia de las máquinas es la necesaria para elevar una cantidad de agua a una cierta altura, pero aquí tenemos que determinar la verdadera altura de elevación, que no es la diferencia de altura de los depósitos; si a esta diferencia la llamamos h , hay que sumar la debida a la pérdida de carga en la tubería, que se determina por la fórmula de Darcy o la de Souier.

$$f_i = 0,00214 \frac{Q^2}{d}$$

y multiplicando este valor de i por la longitud de la tubería, se tiene un valor h_1 y la altura que hay que considerar es

$$H = h + h_1$$

La potencia en HP será:

$$\frac{Q \times 1000 \times H}{75}$$

Pero como los motores y bombas no tienen el coeficiente de aprovechamiento igual a la unidad, hay que dividir por el producto de los coeficientes de dichas máquinas,

que supuestos iguales a 0,85 resulta:

$$\begin{array}{r} Q \quad 1000 \quad H \\ 75 \quad 0,85 \quad 0,85 \end{array} = HP$$

✻

✻

✻

PURIFICACIÓN ARTIFICIAL DE LAS AGUAS

Hemos dicho ya en otra ocasión las condiciones de salubridad que deben reunir las aguas que se emplean en los abastecimientos y que estas condiciones las reúnen principalmente las aguas de los manantiales que sufren una filtración eficaz y pequeñas variaciones de temperatura.

En abastecimientos importantes, es lo frecuente que no se pueda disponer de aguas de manantial en cantidad suficiente y en tal caso se recurre al agua de río. Pero como estas aguas superficiales están expuestas a toda clase de contaminaciones, es menester tratarlas por procedimientos que las purifiquen. También se podía dejar que cada vecino purificase el agua hirviéndola o sirviéndose de filtros, pero de esta forma no se tiene la certeza de que cada uno se tome

esta molestia.

Cuando se trata de grandes volúmenes de agua, dichos procedimientos tienen como fin tender principal y casi únicamente, a la purificación biológica. La Química tiene recursos sobrados para ello, pero resultan carísimos y además los reactivos pueden dejar al agua en peores condiciones que estaba, si hay descuidos en su empleo; por esta razón, cuando por su composición química el agua no es buena, se busca otra que reúna mejores condiciones. La purificación en grandes masas se refiere, como hemos dicho, a la materia orgánica viva y principalmente a los patógenos de las enfermedades hídricas.

FILTROS. Para esta operación hace poco que se usan los filtros. Los primitivos eran de arena y se empleaban con el único objeto de aclarar el agua. Así como el agua de manantial suele salir pura bajo el punto vista biológico, se puede conseguir lo mismo de cualquier agua artificialmente, por medio de los filtros que se emplean hoy día para depurar, no aclarar, pues el agua turbia inutiliza los filtros en seguida.

Es muy usado el filtro de arena, que cuando está bien construido y se vigila debidamente su funcionamiento, se consigue

una reducción de bacterias, de 99 % y aún mayor en los bien explotados, en los que los microbios que pasan suelen no ser nocivos. Esta reducción es debida a que al pasar el agua por entre la arena, las partículas que lleva en suspensión van quedando detenidas en los intersticios que deja la arena y la reducción será tanto mayor cuanto menores sean los huecos y por esto suele emplearse arena muy fina. En los filtros el agua atraviesa las capas de arena de arriba abajo y en su superficie empiezan a depositarse los elementos que lleva en suspensión, que son algas y hongos, principalmente, constituyéndose una especie de filtro en el que tiene lugar la filtración eficaz en gran proporción, pero además existe el efecto de la nitrificación en el que por la acción de los microbios nitrificantes desaparece en parte la materia orgánica.

---:---:---:---:---:---:---:---

XX

- X X X I I -

Los filtros de agua, según el criterio moderno, no se hacen para clarificar sino para retener los bacterios, por lo que cuando el agua es turbia hay que clarificarla antes, porque si no se obstruyen rápidamente. La figura 88, representa una instalación de filtros hecha en Albany (Estados Unidos); a los filtros precede un depósito de sedimentación.

La filtración se hace principalmente en la costra superficial constituida por la aglomeración de partículas fangosas y corpúsculos vivientes (algas y bacterias), que completa el efecto filtrante de la arena. No solamente ejerce la acción de retener los microbios, sino que también reduce la dosis de materia orgánica por la acción de los microbios nitrificantes; esta disposición se emplea para purificar grandes cantidades de

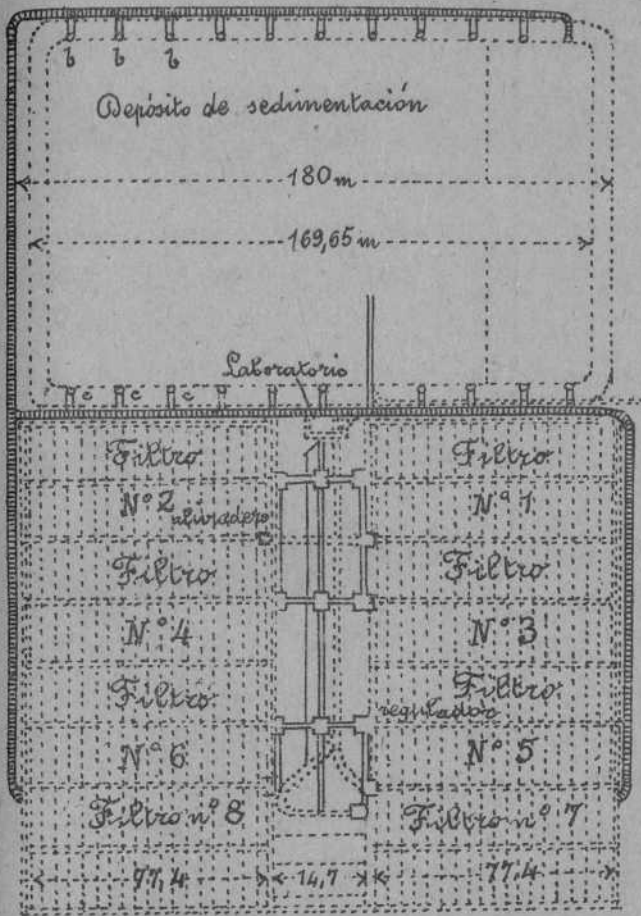


Fig. 88

impermeables, se echa en ellos arena y el agua que pasa por esta capa filtrante, se recoge en un drenaje.

DETALLES DE CONSTRUCCIÓN. Se debe tomar para los filtros arena sílicea, lo más inerte posible, o sea, sin mezcla de otra

agua y es muy eficaz según se ha comprobado, siempre que funcione en condiciones normales. La reducción del número de bacterios llega al 99 % en esta clase de filtros. Los filtros se hacen de paredes

substancia y se dispone de modo que forme una masa homogénea en toda su extensión, pues de lo contrario, por donde ofrezca menos resistencia pasará más agua y la filtración no tendrá lugar en las condiciones debidas. El agua ha de marchar con una determinada lentitud a través de la capa filtrante, y cuanto más fina sea la arena, más eficaz será la filtración, pues los huecos son más pequeños y más difícilmente marcha el agua. Con granos gruesos rellenos de otros más pequeños, se disminuye la permeabilidad. La arena fina se extiende en los filtros que son unos depósitos formados por una solera de hormigón y paredes de fábrica; la forma que se adopta es de planta rectangular y en el fondo hay que poner drenes para recoger el agua filtrada. En la parte central hay un tubo colector que debiera ser cónico, pero que se hace de trozos cilíndricos de distinto diámetro; en este colector desembocan los drenes, que son tubos con juntas abiertas, o canalizos de ladrillo, para que pueda entrar en ellos el agua.

Los tubos de los drenes se rompen como se indica en la figura 89, para darles mejor asiento, y como es necesario que no se introduzca la arena por las juntas y ro-

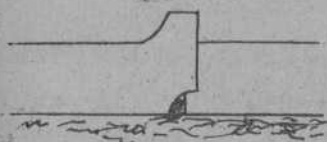


Fig. 89

turas hechas en ellos, hay que rodear estas partes de una capa de materiales gruesos en tamaños decrecientes o echar

capas generales encima de las que se dispone la arena fina, según se indica en las figuras 90 y 91. El espesor de la capa de arena

fina ejerce influencia en las condiciones del filtro, pues aunque la acción eficaz de retener los microbios se ejerce principalmente en la costra superficial, de suerte que el resto

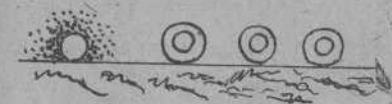


Fig. 90



Fig. 91

de la arena pudiera considerarse como un soporte de esa costra, se producen también en el espesor de la arena acciones bioquímicas, que contribuyen a la purificación del agua.

Se considera necesario, como mínimo, un espesor de 0,40 metros; pero para que puedan hacerse varias limpiezas sin recargar de arena, generalmente se adopta 1 metro de espesor. Se debe tender a que la resistencia a la salida sea lo más uniforme posible y

para esto se disponen drenajes bastante amplios, es decir, que los colectores y drenes tengan mayor diámetro del que se necesita para que por ellos pase el agua. Hay que tener cuidado también de que la arena se enlace bien con las paredes del filtro, pues de lo contrario en esta parte la filtración sería defectuosa, con tal objeto el enlucido de las paredes debe ser rugoso y así la arena traba bien con la pared.

La extensión superficial de este filtro oscila entre 2.000 y 3.000 m.

Encima de la arena tiene que haber una capa de agua que suele variar de 0,60 a 1 metro.

Los filtros pueden estar descubiertos o cubiertos. En los primeros, la película o costra superficial se forma más rápidamente que en los cubiertos, pero la limpia se hace muy difícilmente en tiempo de grandes heladas. En los cubiertos, no hay esta dificultad, pero resultan mucho más caros. Así, pues, en los países fríos los filtros se hacen cubiertos y en los países de clima templado descubiertos.

El depósito donde se recoge el agua filtrada, debe estar siempre cubierto para evitar contaminaciones.

El agua que se va a purificar si está turbia, pasa primeramente por el depósito de sedimentación, si está clara, se envía directamente a los filtros.

En el depósito de sedimentación, entra el agua por los tubos b, cuyo detalle se observa en la figura 92, pasando de aquí a los filtros por los tubos c (figura 93).

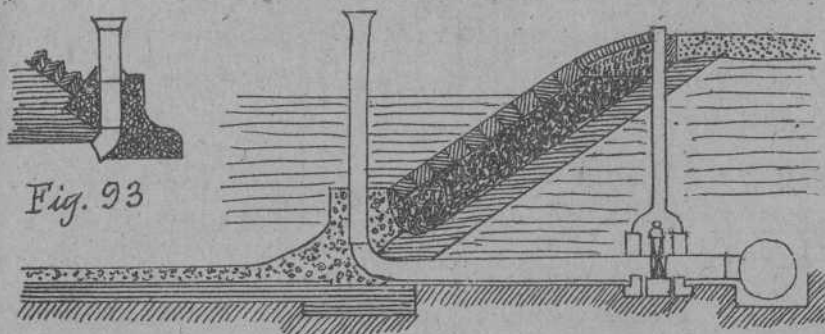


Fig. 92

Para mantener el nivel del agua constante en los filtros, cada uno lleva un aliviadero de superficie, que en el caso de la figura 88, están reunidos los correspondientes a cada dos filtros consecutivos.

En el espacio central hay instalado un pequeño laboratorio para examinar el funcionamiento de los filtros.

LIMPIEZA DE LOS FILTROS. Los filtros no funcionan indefinidamente, sino que es

preciso renovarlos, pues tienen un período de trabajo de 20 a 30 días, que depende de las materias arrastradas por el agua. Tienen que funcionar con regularidad, es decir, que la velocidad de filtración ha de ser uniforme, más sucede que al principio la filtración es rápida y va disminuyendo progresivamente al esperarse la costra superficial. Para conservar uniforme la velocidad, hay que ir aumentando la presión y esto se puede conseguir de dos maneras que son: o conservando constante el nivel del agua en el regulador y hacer que vaya elevándose el del agua en el filtro, o conservando constante el nivel del agua en el filtro y hacer que vaya descendiendo el nivel en el regulador. Este segundo procedimiento es el que hoy se usa.

Aún antes de haber transcurrido el período normal de funcionamiento de un filtro, puede presentarse la necesidad de limpiarlo. Esto ocurre, cuando en la superficie del agua aparecen masas esponjosas que acusan la descomposición y rotura de la costra filtrante.

La velocidad de filtración que se toma como más conveniente, es de 2,4 m. en 24

horas ⁽¹⁾ por m. de superficie del filtro y depende de las impurezas que lleve el agua, habiendo filtros que dan hasta 3 m. por dia y metro cuadrado de superficie. Con esta velocidad se deduce la superficie necesaria, que hay que aumentar, porque no toda ella está trabajando, puesto que al limpiar los filtros se necesita tener una superficie de filtración de reserva.

---:---:---:---:---:---:---:---

(1) 100 dm. por hora.

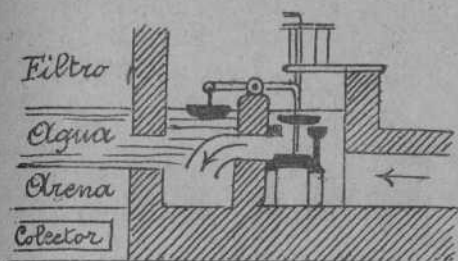


Fig. 94

No precisa para esta operación la palanca, pues, puede estar el flotador dispuesto en el eje de la válvula, en cuyo caso hay que poner el cierre de estas válvulas al revés de como se ha indicado en la figura.

Así se realiza la primera parte y ahora veremos cómo se hace variar la carga en el filtro.

Al principio pasa el agua con más facilidad y según transcurre el tiempo va disminuyendo la velocidad de filtración, y como necesitamos que ésta sea constante, hay que regularizarla, para lo cual se emplean varios sistemas reguladores que se instalan a la salida del agua; existen sistemas que funcionan automáticamente y otros que se maniobran a mano.

En los filtros de Berlín, se emplea una disposición, figura 95, que consiste en interponer a la salida del filtro una cámara

una varilla que se manioobra a mano y sirve para mantener cerrada la válvula cuando convenga, por motivos de limpieza del filtro, etc.

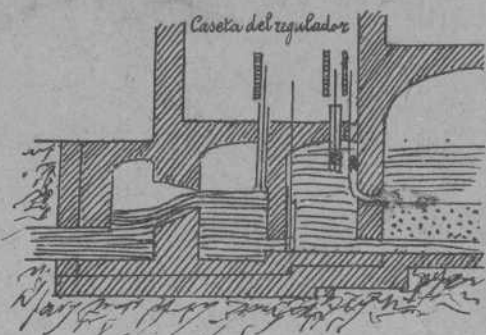


Fig. 95

una segunda cámara en la cual el nivel ha de ser constante para que sea uniforme el gasto del vertedero.

Tres flotadores dan en cada instante los niveles de agua en el filtro, a la salida del colector y en la cámara de agua. La diferencia entre las lecturas hechas en los flotadores del filtro y en la cámara inmediata, nos darán la carga, que es preciso aumentar a medida que el filtro se va obstruyendo.

El flotador de la cámara de agua, señala la altura de la lámina de agua en el vertedero y cómo ésta ha de ser constante, cuando baje el nivel se restablece a su posición abriendo la compuerta, que sirve de cierre entre las dos cámaras, con lo que bajará el nivel en la inmediata al filtro, con lo que se originará un aumento de carga que

ra de agua, en la que el nivel varía para producir la carga, que comunica por una abertura, que puede variarse por la maniobra de una compuerta, con

trae consigo mayor velocidad de filtración; esta operación se sigue realizando según vaya siendo necesario y ya, cuando la diferencia del nivel entre el agua en el filtro y en la primera cámara sea de unos 60 cm. aproximadamente, se cierra la compuerta y se procede a la limpieza del filtro.

El sistema de regulación representado en la figura 96 es más sencillo que el anterior; el colector desemboca en una cámara de donde sale al depósito de agua filtrada, por un vertedero abierto en una compuerta móvil que se manobra a mano y que regula a la vez el gasto y la carga. En la compuerta

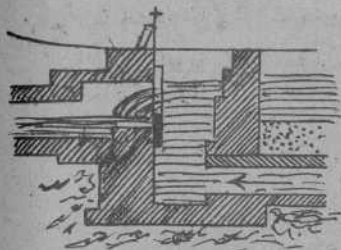


Fig. 96

ta existe una línea horizontal que marca la altura de la lámina de agua correspondiente al gasto que se requiere.

Su funcionamiento es el siguiente: al disminuir la velocidad de filtración, bajará el nivel de la lámina de agua en el vertedero y para restablecerla habrá que bajar la compuerta, se ha aumentado el gasto y por consiguiente la carga. Este sistema es el empleado en los filtros de Hamburgo.

En Varsovia se utiliza un vertedero

automático, figura 97, montado sobre un flotador. Consiste en un tubo unido a un flota-

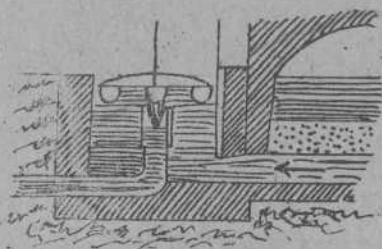


Fig. 97

dor y que lleva unas aberturas por donde penetra el agua; este tubo enchufa en otro fijo que conduce el líquido al depósito. Su funcionamiento queda

comprendido con solo observar la figura.

Existen otros muchos tipos de reguladores, pero todos ellos se fundan en las mismas consideraciones que los precedentes.

FUNCIONAMIENTO DE LOS FILTROS. Una vez construido para ponerle en servicio, hay que expulsar el aire de la arena sin removerla, introduciendo por la parte inferior de la capa agua que proviene del depósito, y cuando ya afluye por la parte superior, se da entrada del agua al filtro y se cierra el regulador para que sedimentándose forme la costra o película; a las 24 o 48 horas, según el grado de turbiedad del agua, se abre el regulador y la filtración comienza.

El agua que sale del filtro se podrá o no dar al público, según los resultados del ensayo bacteriológico, que como sabemos,

no exige grandes laboratorios; si la reducción de bacterios es la que se trata de conseguir, se pasa el agua al depósito y en caso contrario a la alcantarilla, para lo cual el regulador debe de estar dispuesto de modo que se le pueda poner en comunicación con aquéllos.

Durante el funcionamiento del filtro, es preciso vigilarlo, principalmente cuando la regulación se hace a mano, con objeto de mantener la regularidad de la filtración. Si hay descuido y se observa una gran diferencia en la velocidad de filtración, no se deben bajar bruscamente las compuertas, pues podría romperse la película superficial.

Cuando la carga de agua llega a 0,50 metros, se procede a la limpieza y a veces hay que efectuarla antes de llegar a este límite; esto ocurre frecuentemente en el verano en los filtros descubiertos, porque puede descomponerse la película filtrante, lo que se conoce porque flotan en la superficie del agua porciones de ella y entonces hay que detener la filtración. Para efectuar esta operación se cierra la compuerta del regulador, se cierra también la entrada del agua en el filtro y se desaloja la contenida por medio de desagües colocados a la altura de

la arena y la que está debajo se evacua por el regulador que, según hemos dicho, tiene comunicación con la alcantarilla.

Una vez vacío el filtro, se quita la costra superficial y 2 o 3 centímetros de espesor de la capa de arena, lo que se conoce a simple vista por el color de su superficie. La operación se lleva a cabo con rastras, transportando los productos de la limpia en carretillas que marchan por tablonnes y suben por rampas ya construidas o eventuales de madera; los obreros deben llevar calzado con la suela muy ancha, con objeto de repartir las presiones sobre mayor superficie e impedir que se hundan en la arena.

No se restablece la arena que se quita en las primeras limpias, sino que se llena el filtro como antes hemos especificado, después de cerrar los desagües.

Con el número de limpias disminuye el espesor de la capa de arena y esto debe tener un límite, que es de 40 a 50 cm., suficiente para mantener la capa donde se produce la filtración.

Es más fácil hacer un recargo de medio metro que de dos centímetros y para este recargo puede emplearse la arena que se sacó, después de lavada, lo que se ejecuta

en seguida, porque está húmeda y cargada de materia orgánica, que con el calor es campo abonado para cultivos.

El lavado de la arena se hace siguiendo uno de los varios procedimientos conocidos: El más rudimentario consiste en echarla en una artesa por la que pasa una corriente de agua, y los operarios agitan la masa de arena con unas varillas poniendo en suspensión los arrastres y dando por terminada la operación cuando se enturbia el agua.

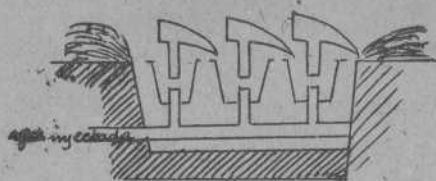
Con lavados sucesivos se pueden ir marchando las partículas más finas de la arena, con lo cual aumenta la proporción de huesos, que no debe variar.

Puede traerse arena nueva cuando resulte económico, pero hay que tener en cuenta que también ha de lavarse previamente, con lo que incurrimos en el mismo inconveniente.

Un aparato más perfecto para el lavado, consiste en un cilindro al que se le comunica un movimiento de rotación y los heli-zoides que lleva en sus paredes elevan la arena mientras el agua marcha en sentido contrario.

Otro aparato consiste, figura 98, en una serie de tolvas con unos inyectores que

funcionan con agua a presión. Se instalan en una zanja quedando el borde inferior de la



última canaleta a la altura del terreno; la arena sucia se vierte en la primera tova y el inyector la

Fig. 98

arrastra a la canaleta correspondiente de donde pasa a la segunda tova y así sucesivamente hasta que por la última canaleta la arena bien limpia se recoge sobre el terreno.

XX

- X X X I V -

FILTRO PUECH-CHABAL. Cuando es muy impura el agua que hay que filtrar, se recurre a la filtración previa con objeto de desbastarla, o sea, de hacerla abandonar las impurezas toscas y cuerpos extraños, en filtros llamados desbastadores ("degrossisseurs" de los franceses); esta filtración previa asegura en las instalaciones de abastecimientos de aguas potables, el mayor éxito de la filtración propiamente dicha.

La idea de desbastar el agua antes de pasar por los filtros, se debe a M. Armando Puech, y M. Chabal la adoptó en la instalación montada en Nanterre (Paris) a dos kilómetros de la fábrica de Suresnes, que eleva 30.000 metros cúbicos como promedio diario de agua del Sena, a los 80 m. que sobre el nivel de ésta se encuentra dicha instalación.

El agua entra en el depósito de dis-

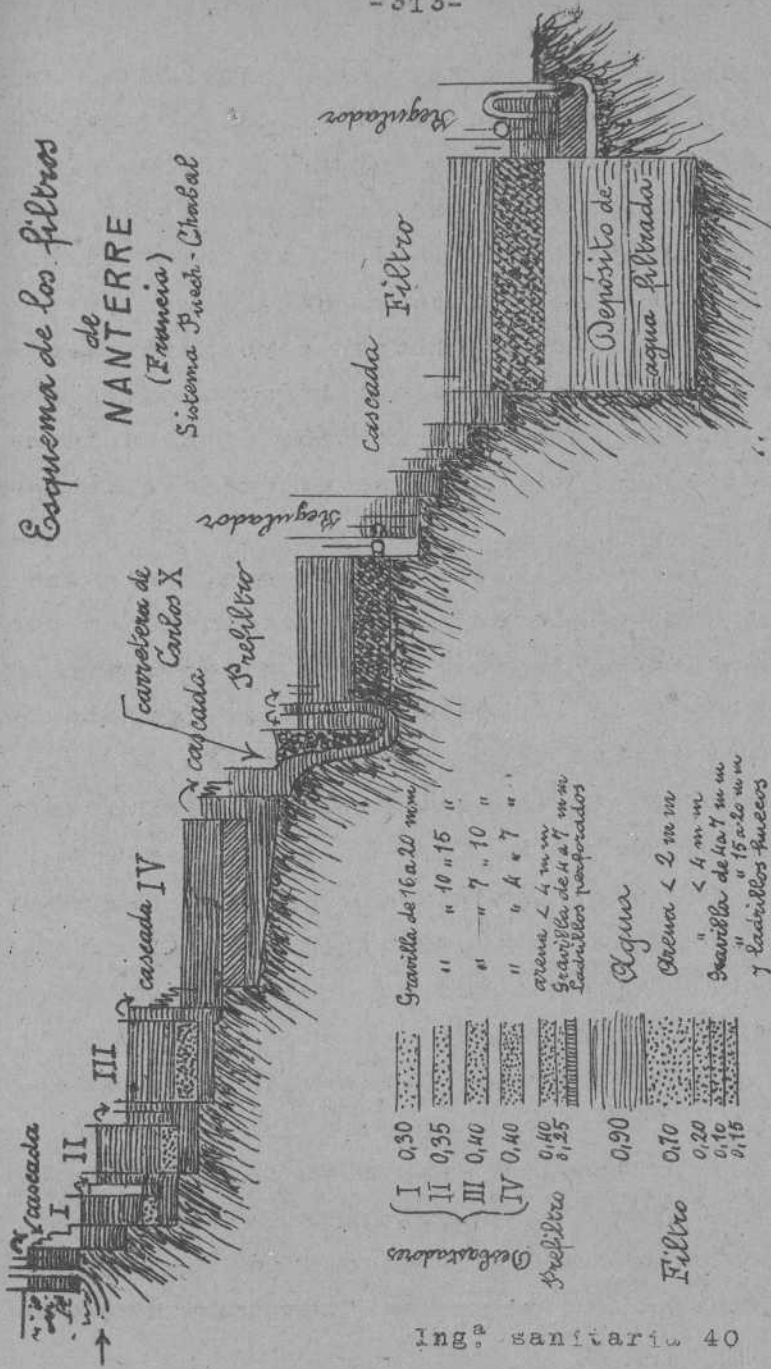
tribución situado en la parte más alta, desde donde pasa sucesivamente a los desbastadores Puech que son en número de cuatro, figura 99, formados de materiales pétreos de tamaño variable.

Cada uno de estos filtros es atravesado por el agua de arriba a abajo y pasan de uno a otro por vertederos y cascadas que tienen por objeto airear el agua para favorecer su purificación, por el efecto bioquímico de la nitrificación.

Las capas filtrantes descansan sobre chapas de hierro perforadas, a través de las cuales pasa el agua desbastada y del último desbastador es conducida a los prefiltros o filtros clarificadores, en los que la capa filtrante es de arena gruesa y descansa sobre un lecho de ladrillos perforados. A la salida de los prefiltros hay un regulador y una cascada, por la que pasa el agua a los filtros de arena fina o filtros lentos. La capa filtrante descansa sobre un drenaje de ladrillos perforados, debido al Ingeniero Chabal, que en otras instalaciones es sustituido por losas filtrantes de hormigón armado.

Para determinar la extensión necesaria en estos filtros, hace falta conocer la

Esquema de los filtros
de
NANTERRE
(Francia)
Sistema Puest-Chabal



Cascadas	I	0,30	Granilla de 16 a 20 mm
	II	0,35	
	III	0,40	
	IV	0,40	
Prefiltro		0,40	arena < 4 mm
		0,25	Granilla de 4 a 7 mm Echillos perforados
Filtro		0,90	Agua
		0,70	arena < 2 mm
		0,20	" < 4 mm
		0,10 0,15	Beavilla de 4 a 7 mm " 15 a 20 mm y Eadillos huecos

Fig. 99

velocidad de filtración que es de 233 m.³ de agua por día y m.² en el primer filtro desbastador, de 155 m.³ en segundo, de 100 m.³ en el tercero, de 72 m.³ en el cuarto, de 19 m.³ en el prefiltro y de 3 m.³ en los filtros lentos. Con estos datos se determinan las superficies de cada filtro, pero como además hay que hacer una limpieza frecuente, lo mismo que en los otros filtros ya estudiados, tenemos que contar con una superficie de reserva.

En los filtros de Nanterre, cada uno de los desbastadores está fraccionado en cuatro elementos, dejando uno de reserva por cada seis y en los filtros uno por cada nueve. Cada filtro tiene una extensión de 700 m.² y dan por total como promedio diario un caudal de 35.000 m.³ Como el agua pasa por tantos filtros, los últimos se ensucian menos y por esta causa el número de filtros de reserva aumenta con su distancia al estanque de distribución.

La limpieza se lleva cabo dejando en seco el filtro que se quiere limpiar y el agua procedente del lavado se deja marchar a la alcantarilla manipulando las compuertas correspondientes. Los filtros de abajo se limpian como ya se ha dicho anteriormente.

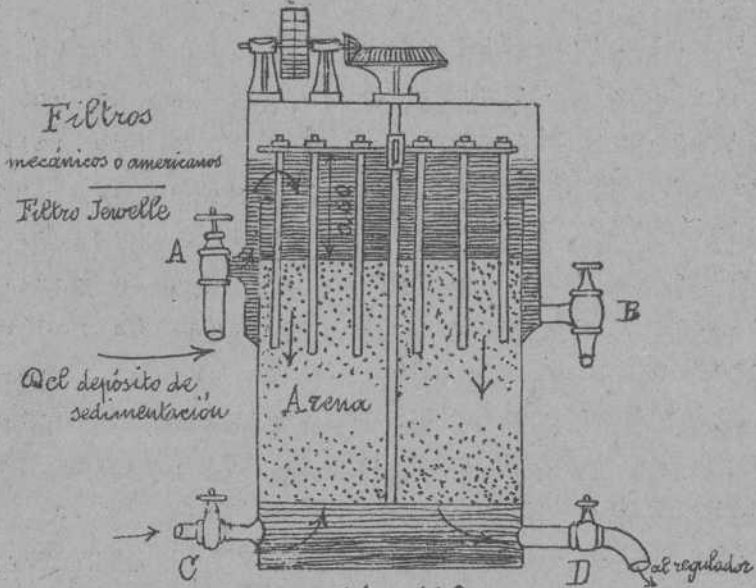
En Valencia hay una instalación de este género, pero debido a que la mayoría de las casas poseen pozos, la Compañía ha hecho poco negocio y en cambio han realizado su agosto los vendedores de bombas y pequeños motores.

FILTRO ANDERSON. Se le da el nombre de purificador giratorio y consiste en un recipiente cilíndrico, semejante a una caldera, que se mueve lentamente alrededor de su eje, en el interior del cual se pone grana de hierro, que es la substancia purificadora, y se mantiene en suspensión mediante unas paletas o alabes fijas en las paredes del recipiente. El agua pasa lentamente y se carga de sales ferrosas. En el exterior se oxidan las sales, formando un hidrato de hierro, esponjoso e insoluble, que para purificar el agua se puede tratar por un coagulante y el principalmente usado es el sulfato de aluminio.

FILTROS AMERICANOS. En estos filtros se utiliza como coagulante el sulfato de aluminio en proporciones determinadas que en presencia del carbonato del agua, se produce hidrato de aluminio, que precipita y arrastra los elementos que lleva en suspensión. El agua llega a un depósito donde se mezcla

con el coagulante, por medio de un aparato que regula la dosis según el grado de turbiedad del agua, después pasa a un depósito de sedimentación y de aquí a los filtros.

En el filtro Jewell, figura 100, el



agua entra por A y pasa a través de la capa filtrante, saliendo por unos embudos provistos de rejillas para que no se marche la arena, que comunican con un tubo colector y por D marcha el regulador. Se regula la entrada del agua por A mediante una disposición que consiste en una llave montada en un flotador.

Parte del hidrato de aluminio y las

materias en suspensión por él arrastradas, quedan en el depósito de sedimentación y el resto en la arena del filtro, que puede funcionar a presión o sin ella, siendo lo corriente que tengan una carga de 60 cm.

Hay filtros verticales, horizontales y otros sistemas, pero todos ellos están fundados en el mismo principio; todos tienen un aparato para echar el coagulante en la cantidad necesaria, para lo cual hay que determinar la proporción de aluminio y el examen bacteriológico a la salida, para ver la reducción.

Como varía mucho la composición del agua, es necesario variar con frecuencia la proporción de coagulante en el aparato que lo vierte en el agua y esto es un inconveniente grave, pues se necesitan frecuentes ensayos en los que se invierte tiempo y no se puede estudiar. Tienen este inconveniente, pero sobre los ingleses de Albany, tienen la ventaja de que necesitan una superficie de filtración mucho menor, pues por la acción del coagulante, la velocidad de filtración es de 50 a 100 veces mayor que en aquéllos y por tanto dicha superficie es de 50 a 100 veces menor.

Los filtros americanos ne-

cesitan fuerza motriz, que es otro inconveniente, por funcionar a presión y su limpieza se hace como en los de arena.

Para limpiar este filtro, se cierran las llaves A y D y se abren las C y B; el agua entra por C, sube por la capa filtrante y sale por B. Como el precipitado del coagulante y los microbios quedan entre la arena próximos a la superficie, es preciso removerla para que sean arrastrados por la corriente, y esto se hace por medio de un peine P que gira merced a la transmisión indicada en la figura; así se agita la arena en una corriente de agua y cuando está completamente limpia se cierran las llaves C y B y se abren las A y D, empezando de nuevo la filtración.

Esta limpieza se hace diariamente, lo que no sucede con los filtros ingleses; en éstos se forma la costra filtrante con algas, diatomeas, etc. y en los otros con alúmina, porque en los depósitos queda el hidrato de aluminio y éste es el motivo de que la limpia se haga más a menudo.

Con esto hemos descrito ya los filtros más usados; todos dan muy buenos resultados, según ha demostrado la experiencia y es clásico lo sucedido en dos poblaciones próxi-

mas situadas a orillas del rio Elba. Estas poblaciones son Hamburgo y Altona, situadas aguas arriba y aguas abajo del Elba, respectivamente, y tan próximas una de otra, que puede decirse que constituyen una sola población. Ambas se abastecen con aguas del Elba; en Altona había filtros y en Hamburgo no, en una época en la que tuvo lugar una epidemia de cólera, ocurrió que en Altona fueron muy pocos los atacados, mientras que en Hamburgo fué grande la mortalidad por esta causa. Como consecuencia de esto, la municipalidad de Hamburgo votó inmediatamente unos cuantos millones de marcos para instalar filtros.

Es evidente, pues, que mediante los filtros disminuye notablemente la mortalidad por fiebres infecciosas.

En Madrid es insignificante el número de defunciones producidas por el tifus, pudiendo decirse que es una población sana, pues en resumen la mortalidad es de un 24 por mil anual, dando el mayor contingente los niños, que generalmente mueren por consecuencia de una alimentación inadecuada.

Sobre poco más o menos los filtros ingleses y los americanos reúnan las mismas condiciones en cuanto a sus efectos higiéni-

cos, siempre que estén bien explotados; ahora bien, los de arena, necesitan menos cuidado a cambio de una superficie mayor; no hay más que vigilar el regulador, caso de que éste no sea automático y hacer los ensayos diarios.

Los americanos exigen el empleo del coagulante en dosis determinada, que se ha de regular de antemano con arreglo a los análisis.

No podemos pronunciarnos decididamente por uno de ellos, aún cuando parecen preferibles los filtros ingleses, que son los más usados hasta en la misma América; sin embargo, en caso de aguas muy turbias, cuyas materias en suspensión es conveniente eliminar totalmente, están indicados los filtros americanos.

OZONIFICACIÓN U OZONACIÓN. Otro procedimiento para purificar el agua, muy empleado actualmente y del que se han hecho aplicaciones en Madrid en la Plaza de Santa Bárbara y en la calle de Serrano, y se piensa establecer algunas más, consiste en la esterilización del agua por medio del ozono. ⁽¹⁾

(1) Instalaciones muy importantes son las de Wiesbaden, Paderborn, Nice, Cosne, etc.

XX

- X X X V -

El ozono es un estado particular del oxígeno, es una agrupación molecular diferente de la de éste, en virtud de la cual se desprende un átomo de oxígeno nascente que se mezcla ávidamente con el carbono, el nitrógeno, el hidrógeno y la materia orgánica, siendo por consiguiente un elemento muy comburente y bactericida.

Después de muchos experimentos hechos en los laboratorios, la ozonificación del agua se ha podido resolver bajo el punto de vista industrial, dado el gran desarrollo que en la actualidad tiene la industria eléctrica y que la materia prima, de donde se obtiene el ozono, que es el aire, no cuesta nada.

En aguas muy cargadas de materia orgánica, es necesario forzar la dosis de ozono.

A pesar de ser este elemento altamente bactericida, no ataca a ciertos organismos, como, los huevos de parásitos.

Este sistema de esterilización no es aplicable cuando el agua está turbia; en tal caso a la esterilización debe preceder la filtración.

La cantidad de ozono necesario para esterilizar el agua varía entre dos y ocho gramos por metro cúbico. ⁽¹⁾ La solubilidad del ozono en el agua es muy pequeña y no altera sus propiedades físicas.

El ozono se prepara industrialmente por medio de efluvios eléctricos, que se obtienen haciendo pasar una corriente de alta tensión entre dos polos situados a cierta distancia el uno del otro; ya hemos dicho que esta tensión suele ser de 13000 voltios y además el aire tiene que estar seco, porque sino aumenta su conductibilidad y no se obtienen buenos resultados. El ozono, en estas condiciones, no se obtiene a todas las temperaturas; la producción es nula a los 6 grados, crece hasta los 24 y después decrece.

(1) Según el doctor Roux, es necesaria una concentración mínima de 6 miligramos por litro de aire.

Después de ozonizar el aire, hay que ponerlo en íntimo contacto con el agua, lo que se consigue por varios procedimientos. Al principio se hacía caer el agua en forma de lluvia y al aire ozonizado se le hacía marchar en sentido contrario.

Actualmente se emplea el sistema Otto, (1) adoptado en diversas poblaciones, siendo una de las más interesantes instalaciones la de San Petersburgo, figura 101; los aparatos que integran esta instalación se pueden clasificar en tres grupos y desde luego hay una gran batería de ellos.

Aparatos ozonadores u ozonizadores, son los destinados a producir el efluvio eléctrico, por los que se hace pasar aire seco para obtener el ozono; los aparatos emulsionadores son aquellos en los que se produce la mezcla íntima del aire ozonizado con el agua y por último, los aparatos que aseguran el buen funcionamiento del sistema son: las bombas de aspiración, medida, protección, etc.

Para obtener la corriente de alta ten-

(1) Otros sistemas muy empleados son: los Tindal, Siemens et Halske, de Frise, Marmier et Abraham, etc.

Croquis de la instalación de San Petersburgo para la purificación de aguas por el ozono

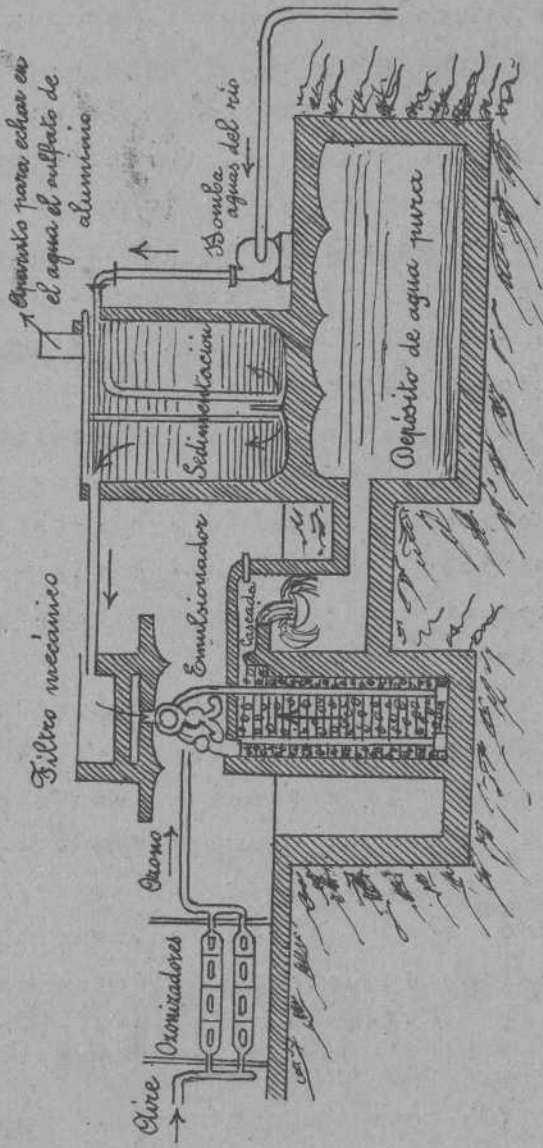


Fig. 101

ción, generalmente hay que hacer una serie

de transformaciones que permitan utilizar la corriente eléctrica de canalizaciones ya existentes. Cuando haya que hacer una instalación de fuerza motriz con este objeto, se puede usar un motor de vapor o de gas, o bien utilizar un salto próximo para producir la energía necesaria para el movimiento de las máquinas y obtención de los efluvios.

En la instalación croquizada, se toma el agua del río y se aclara por filtración mecánica; mediante un grupo de bombas se eleva a un depósito de sedimentación a la entrada del cual está el aparato destinado a verter sobre el agua el coagulante (sulfato de aluminio), sigue la dirección marcada por las flechas, sedimenta y se pasa al filtro americano.

El aire atmosférico es aspirado mecánicamente y después de pasar a través de los ozonizadores, se le conduce al emulsionador, figura 101, que es el aparato donde se produce la mezcla del agua, que llega del filtro mecánico, con el aire ozonizado. Del emulsor el líquido pasa al depósito del agua pura por una cascada que favorece el desprendimiento del ozono sobrante.

Hay que hacer experimentos con el fin de determinar en cada caso la dosis de ozono

necesaria para que la esterilización tenga lugar en buenas condiciones y desde luego debe haber una gran vigilancia para evitar descuidos, pues puede ocurrir, por ejemplo, una detención en el desprendimiento del ozono y entonces hay que maniobrar a tiempo los aparatos, que se disponen para evitar la entrada del agua.

RAYOS ULTRAVIOLADOS. Otro procedimiento de esterilización del agua se lleva a efecto por los rayos ultra violados, que no son visibles en el espectro y tienen una actividad química muy grande y al mismo tiempo acción bactericida, que atribuyen algunos a que parece ser que an lugar a la formación de ozono; dejando a un lado disquisiciones, es el caso que son bactericidas. Se producen en lámparas de cuarzo con vapores de mercurio, pudiéndose también emplear el óxido de carbono, el anhídrido carbónico, etc.

Para aplicar este procedimiento con éxito, es necesario también que el agua no tenga turbiedad ni color. Parece ser que promete, pero aún no ha entrado en la práctica corriente de esterilización en grande escala.

PROCEDIMIENTOS QUÍMICOS DE ESTERILIZACIÓN. Estos procedimientos no se aplican más que a la depuración de las aguas de al-

cantarillas y a las aguas residuales de las industrias.

Los procedimientos químicos para esterilizar el agua, tienen el inconveniente de no conocerse una substancia antiséptica que mate los microbios y que no altere las propiedades del agua, surgiendo, además, la dificultad de asegurar la mezcla para que no sobre reactivo y sea suficiente para producir el resultado apetecido. Si la composición del agua fuese constante, desaparecería esta dificultad, pero en las aguas superficiales, que son las empleadas en grandes abastecimientos, hay mucha variedad en la proporción de microbios y es preciso regular la cantidad de reactivo, de acuerdo con los resultados del análisis.

Se han empleado como reactivos; el cloruro de cobre y otros muchos de los cuales los principalmente utilizados con compuestos de cloro, y el permanganato de calcio de potasa. ⁽¹⁾ El permanganato propuesto por Lutecé, es un gran oxidante, pero no se emplea en las grandes instalaciones sino en la esterilización por los filtros caseros,

⁽¹⁾ La alúmina en pequeña dosis (5 gramos por Hl.) asegura una clarificación de las aguas carbonatadas.

para destruir la materia orgánica; es una substancia colorante y se comprueba su desaparición del filtro, por el color del agua que se obtenga.

De los compuestos de cloro, el peróxido, propuesto por Bergé, es el que ha dado mejores resultados; es un oxidante enérgico que destruye la materia orgánica. Se empleó en Ostende y se obtiene tratando el clorato de potasa por el ácido sulfúrico; la cantidad que se ha de utilizar de este gas es variable y se opera sobre agua filtrada. Tiene el inconveniente de que el clorato de potasa es un explosivo, además de dar lugar a la formación en el agua de hipocloritos y cloratos, que atacan a las tuberías metálicas y principalmente a las cañerías de plomo y por esta causa no se utiliza en la esterilización en gran escala.

ALGIBES DE SEDIMENTACIÓN. No son estos depósitos un sistema de depuración del agua que haga desaparecer la materia orgánica y los microbios, pero mejoran mucho sus condiciones de potabilidad.

En el embalse de la conducción de aguas para el abastecimiento de Madrid, el líquido tiene que estar detenido y los microbios no pueden resistir, purificándose

por la sedimentación que en aquél se produce y se da el caso de que las epidemias han sido producidas por el agua de los viajes antiguos.

Con el embalse como medio de purificación del agua, hay una época de peligro que tiene lugar cuando empieza a agotarse el embalse, pues entonces no hay sedimentación y el agua arrastra las substancias que traiga en suspensión. Se piensa para evitar esto, hacer otro embalse aguas arriba y habiéndolos puede tenerse siempre agua relativamente pura.

Se mejoran todavía más las condiciones del agua, combinando los embalses con una zona de protección de la cuenca y así se hace en Buitrago, pueblo situado a orillas del río Lozoya, aguas arriba de la toma del canal, en el que se recogen las aguas sucias para que no viertan en el río y se conducen a un campo de depuración, utilizándolas para riegos.

Habiendo embalses, cuando es posible, se evitan los filtros, dándoles una cabida algo mayor que la deducida por el cálculo, teniendo en cuenta el régimen del río. En las grandes poblaciones, los filtros son caros, y en las pequeñas, no hay dinero para

establecerlos.

No diremos cual es el mejor de todos estos procedimientos, pues todos son empleados con muy buenos resultados y en ninguno se ha encontrado una ventaja decisiva sobre los demás. Se prefiere la filtración directa por arena que es la más extendida y no presenta dificultades prácticas.

Cuanto más complicaciones ofrezca el procedimiento, más peligroso resulta en la obtención del agua pura potable.

PURIFICACION CASERA. Se puede conseguir la esterilización en pequeñas cantidades por medio de filtros o por el calor.

Los filtros antiguos eran de piedra, carbón o fieltro. Desde luego, el carbón no se emplea actualmente por ser mala materia filtrante y campo abonado para el cultivo microbiano.

Se deben utilizar materiales inertes como la porcelana y la tierra de infusorios (restos silíceos de diatomeas) con la que se fabrica un cacharro poroso.

Los filtros pueden funcionar a presión, como los que se atornillan a los grifos de las fuentes, o sin ella.

Todos los filtros son buenos, pero hay que tener cuidado de que no se agrieten

y de practicar en ellos una limpieza rigurosa, con objeto de quitar los depósitos que deja el agua, que cuando alcanzan cierto espesor aminoran la potencia del filtro; al mismo tiempo, como los microbios van penetrando lentamente entre los poros de la porcelana, hay que esterilizarlos de vez en cuando, para lo cual se emplea con éxito el permanganato, que oxida toda la materia orgánica y se conoce cuando ha desaparecido para poderla utilizar, por el color característico que tiene el agua que lo posee en disolución.

Cuando no se disponga de permanganato, se recurre a hervir el filtro durante unos minutos.

Es buena práctica, en tiempo de epidemias, hervir el agua en los lugares domésticos, pues a los 100° mueren gran número de bacterias, obteniéndose una esterilización incompleta, pues subsisten saprofitos que mueren entre 110° y 120°, necesitándose para obtener estas temperaturas, aparatos especiales que no se pueden aplicar para grandes abastecimientos, pero sí en los pequeños, que son prácticos en Sanatorios, Hospitales y en tiempo de epidemia en los Cuarteles, construyéndose con tal fin, instalaciones

Sabemos que se trae el agua rodada de un modo uniforme, lo mismo que cuando es agua elevada, durante el periodo de funcionamiento de las máquinas, por consiguiente es necesario regularizar el funcionamiento de la distribución almacenando el agua gastada de menos en las horas de poco consumo, para devolverla en las horas en que es mayor, necesitándose un depósito en el que se recoja el agua. Este es el principio fundamental del depósito regulador que viene a actuar sobre la distribución como los volantes en las máquinas.

Otro objeto del depósito regulador es asegurar el suministro en el caso de ocurrir una avería en la conducción, pues entonces hay que cortar el agua y mientras tanto la población se provee del depósito.

También tiene como fin, reservar una cierta cantidad de agua para atender a casos excepcionales, como el de un incendio de consideración, en el que se necesita gran cantidad de agua. El nivel del líquido en el depósito, nos da el plano general de altura de carga, descontando las pérdidas que tienen lugar en las cañerías.

UBICACIÓN DE LOS DEPÓSITOS REGULADORES. Pueden ocupar respecto a la población,

dos posiciones que son, en cabeza y en cola; indicadas en las Figuras 102 y 103. En la

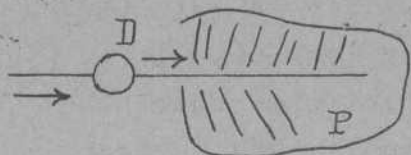


Fig. 102

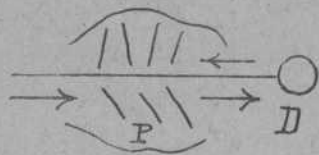


Fig. 103

disposición general de cabeza, la cañería que arranca del depósito tiene que ser de mayor diámetro que la de conducción, puesto que la conducción se calcula para el caudal medio diario máximo y la cañería para el máximo horario que es vez y media el consumo medio horario máximo. Con la disposición en cola no hace falta aumentar el diámetro, pues cuando el consumo aumenta y no es suficiente el agua que trae la conducción, la población recibe agua además del depósito regulador.

Con la primera disposición, cuando ocurre una avería en la cañería maestra, se queda sin agua la población, mientras que con la segunda, mientras se efectúa la reparación, la población recibe agua, bien sea del depósito o de la conducción. Esta segunda disposición exige que la conducción sea forzada.

La posición que ha de ocupar el depó-

sito la determina, generalmente, la configuración del terreno y puede darse el caso de convenir adoptar a la vez las dos disposiciones, en cabeza y en cola; por ejemplo: imaginemos que el agua viene a un depósito regulador en cabeza, figura 104, que se calcu-

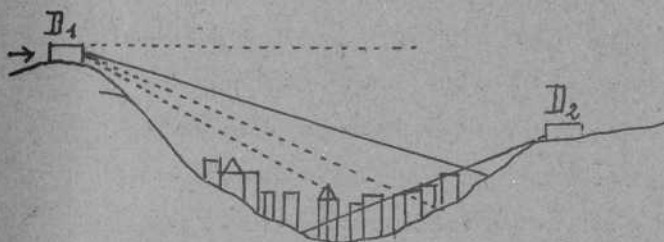


Fig. 104

l6, lo mismo que los demás elementos de la distribución, para abaste-

cer una determinada población situada en la parte baja del valle; puede ocurrir que por un aumento de población, las cañerías resulten insuficientes, por lo que descenderá la línea de carga y se quedará sin agua una parte de la población a las horas de mayor consumo, lo cual se remedia con un depósito en cola. Cuando es pequeño el consumo, se eleva la línea de carga y en todas las casas hay agua y en cuanto llega el momento ya dicho, tampoco falta el agua, porque empieza a efectuar la alimentación el de cola.

Esto es factible cuando se presta el terreno, en cuyo caso conviene construir varios depósitos en distintos lugares bien ele-

gidos, con el objeto de regular las presiones y cuando ocurran averías afectarán solamente a una parte de la población. Esto es lo practicado en Paris, en cuya distribución se instalaron 21 depósitos con capacidad de un millón de metros cúbicos.

En Madrid se hicieron las obras de abastecimiento hace 60 años, en cuyo tiempo la población llegaba a los boulevards; la población desde entonces ha aumentado considerablemente, resultando, que aunque se calcularon las cañerías con gran amplitud, se han hecho insuficientes, hasta en punto de que en los barrios bajos, el agua se queda en el camino, lo que se ha evitado llevando directamente el agua a presión mediante una cañería de hierro de 90 cm. de diámetro; para abastecer a la parte alta, ha sido preciso construir un depósito en una torre.

Debe colocarse el depósito lo más próximo posible a la población, pues la parte importante de la distribución es la cañería maestra, y cuanto más cerca lo construyamos, la cañería resulta más barata, siendo a la vez menor la pérdida de carga.

Si el terreno tiene poca pendiente, para aumentar la carga en el depósito hay

que alejarlo de la población, teniendo en definitiva, que hacer muchos tanteos para escoger la solución más económica y conveniente. Hay casos en que la solución la da la topografía del terreno, como ocurre cuando existe una colina próxima de suficiente altura y se debe procurar, a ser posible, que el depósito se encuentre en el centro de la población, pero esto no se puede hacer con agua rodada, salvo raras excepciones, además del aumento grande de coste que representa su ubicación.

En el caso de una población llana, se puede construir en el centro una torre, pero el terreno es caro y además ha de hacerse una instalación artística, lo que implica un gran gasto de dinero.

El depósito de la carga en las cañerías y por tanto se ha de disponer de manera que no falte agua en los pisos altos de las casas, y además, si ha de emplearse en el servicio de incendios, tomándola directamente de las bocas de riego, es preciso que llegue con presión suficiente a los tejados de las casas para lo cual hay que contar con una presión igual a la altura máxima de las casas, más 10 o 12 metros, o sea de unos 35 metros sobre el nivel de la calle, tratándo-

se de poblaciones importantes. En poblaciones de casas de tres pisos, se puede rebajar la carga hasta unos 25 metros. En vista de esto, se elegirá un cerro o colina de cota tal que descontando la pérdida de carga nos dé esa presión y en otro caso habrá que levantar una torre de fábrica o metálica en la que se dispone el depósito y a veces se construye un depósito enterrado en el terreno, que sirve una determinada zona, y otro elevado, que abastece a otra zona.

CABIDA DEL DEPÓSITO REGULADOR. Debiendo construirse estos depósitos para atender a las variaciones del consumo, ha de calcularse su cabida como si se tratase de un algibe.

Existen contadores automáticos que dan gráficamente las variaciones del consumo en instalaciones ya construidas, que se pueden tomar como modelo, y con estos datos se dibuja la curva del consumo; determinando igualmente la de abastecimiento, supuesta uniforme y trazando las dos tangentes paralelas a la recta de abastecimiento, la diferencia de ordenadas nos dan la cabida.

En la conducción de agua rodada de Madrid, hecho este cálculo, figura 85, resulta para la cabida del depósito un 11,2 % del consumo máximo diario, que es una cabi-

da muy pequeña. Si se tratase de agua elevada trabajando 10 horas las bombas dicha cabida es de 47,6 % y disminuye a medida que aumenta el número de horas de trabajo de las máquinas.

Cuando se trata de depósitos en la conducción rodada, no se les da las pequeñas dimensiones obtenidas por el cálculo, pues además de atender a las variaciones del consumo, aún cuando esta clase de obras se ejecutan muy sólidamente, pueden ocurrir averías en la conducción por causas imprevisitas y hay que almacenar la cantidad de agua suficiente para no interrumpir el abastecimiento durante el tiempo en que han de hacerse las reparaciones necesarias. Estas reparaciones pueden durar 1, 2, 10 o más días y no se puede prever la capacidad que hay que asignar al depósito, pero como antes de reparar se puede hacer una obra provisional para dar paso al agua, con lo que el corte puede durar pocas horas, lo que se hace es dar cabida al depósito para que pueda abastecer durante uno o dos días.

En los depósitos situados en alto, ya tiene más aplicación el procedimiento de cálculo que hemos indicado y para 10 horas de trabajo de las máquinas se les da una ca-

XX

- X X X V I I -

Hemos determinado la cabida del depósito regulador y nos resulta un cierto número N de metros cúbicos. Al proyectar el depósito podemos darle una superficie pequeña y una altura grande, o por el contrario, superficie grande y altura pequeña. En el primer caso el depósito necesita menos terreno, pero a medida que crece la altura es preciso aumentar el espesor de los muros, por ser mayor la presión del agua y cuando ésta llega a ser excesiva aumenta el peligro de filtraciones por grietas en los muros y en la solera; el nivel del agua en el depósito nos da el plano de carga general y si la altura del depósito es grande, dicho nivel baja y sube dando lugar a oscilaciones que pueden influir hasta el extremo de que el agua no suba a donde debe llegar.

En el segundo caso, el solar donde se

ha de construir el depósito es más caro e igualmente lo son, la cubierta de protección y la solera, pero en cambio presenta la ventaja de que no son tanto de temer las filtraciones del agua y las oscilaciones de nivel son también menores. No se puede decir cual es la altura que más conviene.

Los depósitos se hacen: enterrados, semi-enterrados, sobre el nivel del suelo o elevados, según sea la naturaleza del terreno y la necesidad de ganar altura para alcanzar la presión suficiente para efectuar la distribución.

Si el terreno se escava con facilidad y nos sobra altura, haremos el depósito enterrado y podremos ejecutarlo profundo; desde 2 y $\frac{1}{2}$ hasta 8 metros son las profundidades generalmente adoptadas. En Madrid es de 6 metros y pico.

Cuando se trata de depósitos elevados, se ha llegado hasta 10 y 12 metros, porque conviene hacerlos lo más estrechos posible.

FORMA DE LOS DEPÓSITOS. La forma que da el menor perímetro a igualdad de superficie es la circular y ésta es la que se adopta en los depósitos, construidos sobre torres, limitados por paredes cilíndricas.

En los enterrados se suelen también

adoptar cuando se trata de pequeños depósitos, que se pueden cubrir con una sola bóveda, pues cuando son grandes las cubiertas tendrían que hacerse por una serie de bóvedas anulares, que son caras de construir.

Cuando son grandes se adopta la forma cuadrada o rectangular, la que más convenga; el cuadrado es la figura de menor perímetro entre todos los paralelogramos de igual área. La forma más conveniente es la cuadrada, pero no se adopta en los depósitos de importancia, sino que se les da planta rectangular que se divide en dos partes por medio de un muro, figura 105, y se puede calcular la rela-

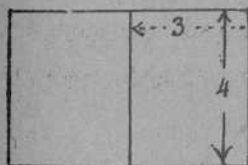


Fig. 105

ción de dimensiones para que el perímetro sea mínimo.

En el caso en que el muro divisorio tenga la misma importancia que los del recinto, la relación de dimensio-

nes más conveniente es la de 3:4. El dividir el depósito en dos partes, se hace con el objeto de que cuando haya que limpiar no nos quedemos sin depósito, sirviendo uno de ellos mientras se limpia el otro o se hacen reparaciones en la solera o en los muros. El muro divisorio se calcula en el caso más desfavorable, que tiene lugar cuando uno de los

departamentos está lleno y el otro vacío y por encontrarse en idénticas condiciones respecto a las dos partes, se le da forma simétrica.

Quando el depósito es de pequeña importancia, se puede prescindir del muro divisorio, sobre todo, si se trata de aguas de manantial, por ser puras y requerir pocas limpiezas, pero aún así hay que hacer reparaciones y limpiezas, para lo cual es preciso dejarlo en seco, y con el fin de que no falte agua, es indispensable proyectar una comunicación directa de la conducción con la cañería de la distribución; de este modo, en las circunstancias dichas, no habrá regulación, pero el agua no faltará absolutamente en la población.

Quando el depósito se construye sobre una torre, se adopta invariablemente la forma cilíndrica, no incluyéndose aquí los depósitos particulares, de pequeñas dimensiones, construidos en las casas, que son de forma paralelepípedica.

Los depósitos pueden ser metálicos, o como el de Madrid, situado en la calle de Santa Engracia, de 1.500 m³, que por tener que soportar 1.500 toneladas de agua, si se hiciese de fábrica resultaría caro; se pueden

construir, también, de hormigón armado.

Cuando se hacen de chapa de acero, al fondo se le da forma de casquete esférico, figura 106, y el material trabaja todo

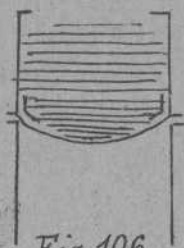


Fig. 106

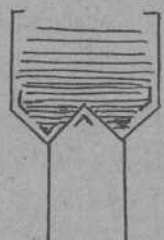


Fig. 107

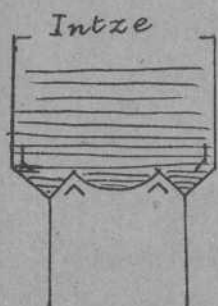


Fig. 108

a tensión; se apoya el depósito en un anillo sostenido por los muros de la torre, pero puede disminuirse el ancho de la torre dando al depósito la forma de la figura 107 o la de la figura 108, si el diámetro del depósito es grande. En los de hormigón armado se adoptan las formas indicadas, figuras 109 y 110. Son muy indicadas las formas Intze, por reducir el ancho de la torre; con ellas se obtiene un voladizo y aún tiene que haber otro para sostener la cubierta.

Los depósitos, como ya se ha dicho, pueden también ser subterráneos. En Nápoles, por permitirlo la constitución geológica, el depósito está abierto en una roca caliza haciendo pozos y galerías pero este procedimiento no de-

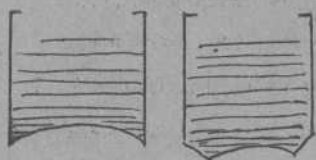


Fig. 109 * Fig. 110

ja de ser caro, además de que se presenta en buenas condiciones muy raras veces.

En Oporto, el canal de conducción termina en una mina abierta en una ladera abrupta y en lugar de construir un depósito, lo que se ha practicado, es ensanchar el canal a su terminación, para que sirva de regulador, pues ya sabemos que para alcanzar la necesaria regularidad por medio del agua rodada, se necesita una cabida pequeña. Pero lo frecuente es construir el depósito enterrado en todo o en parte; en el caso de que sobresalga de la superficie del terreno, conviene cubrirlo con un terraplén, para evitar las variaciones de temperatura, con el fin principal de que no se produzcan grietas en las fábricas, que tan sensible son a estas variaciones.

Cuando el terreno es permeable, se construye una solera impermeable de hormigón de 0,30 a 0,40 de espesor; también puede hacerse de fábrica de ladrillo o de mampostería con mortero hidráulico.

Cuando es impermeable el terreno, la construcción de la solera se puede reducir a igualar el terreno y revestirlo con un en-

lucido.

Los muros laterales, en vez de ser de paramentos verticales, deben hacerse con los paramentos inclinados o escalonados, para resistir el empuje de las tierras, bastando en ocasiones con revestir el talud de las tierras con fábrica de ladrillo tomada con mortero de cemento y un enlucido general.

El depósito tiene que cubrirse y si las luces son grandes, para tapar con una sola bóveda sería necesario darle mucha altura y espesor, por tener que soportar, además de su peso, la carga de tierra de 0,60 a 1 metro y las sobrecargas accidentales (peso de la nieve, etc.); por esta causa se cubren fraccionando la superficie del depósito.

Se divide, figura 111, en naves por

una serie de muros aligerados sobre los que se voltean bóvedas escarzanas, viniendo en definitiva a quedar la construcción reducida a una serie de pilares con arcos de medio punto que se engrasan para preparar el asiento de las bóvedas.

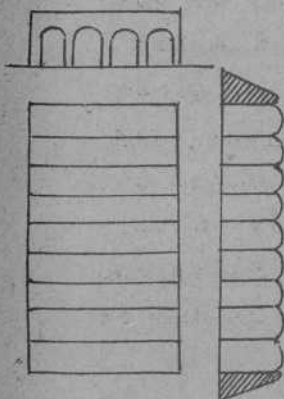


Fig. 111

Se pueden emplear también bóvedas por arista volteadas

en voladizo para pasar por él y servir de sostenimiento a la cubierta.

OBRAS ACCESORIAS. Para el buen funcionamiento de los depósitos reguladores, es necesario construir o disponer una serie de obras accesorias.

La entrada del agua se lleva a efecto de diversas maneras, encaminadas todas ellas a procurar que se verifique de forma que no golpee el fondo del depósito, destruyendo la solera y se debe dar acceso por la parte más alta del depósito.

Si en el depósito hubiese siempre una altura de agua suficiente para amortiguar los efectos del salto de caída, no habrá inconveniente en adoptar la disposición de la figura 113, pero como esto no sucede siempre,

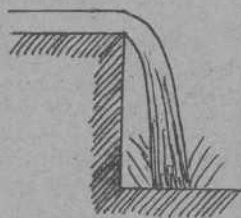


Fig. 113

se abandona este sistema, adoptándose las representadas en las figuras 114, 115. y 116 o similares de ellas, siendo la más corrientemente empleada la de escalinata (figura 115) cuyos escalones tienen la contrahuella de unos 60 cm., nada cómodos para ascender por ellos.

En el canal de conducción tiene que existir un juego de compuertas para dar o

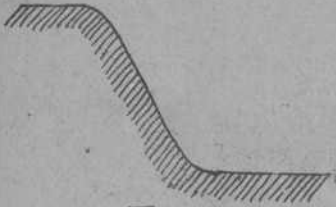


Fig. 114

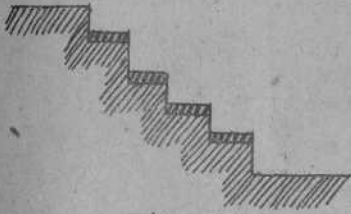


Fig. 115

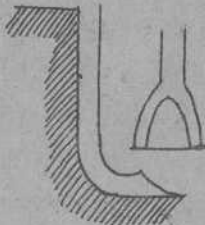


Fig. 116

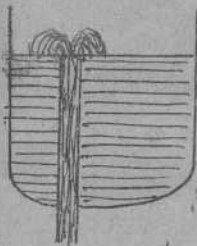


Fig. 117

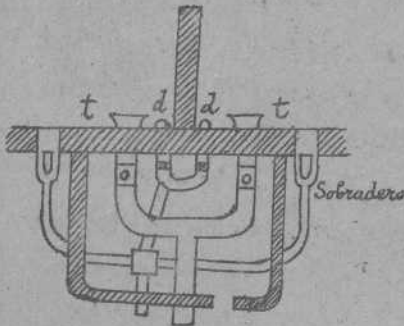


Fig. 118

quitar el agua a cada uno de los depósitos. En los depósitos elevados la entrada del agua se verifica como queda indicado en la figura 117. La salida del agua de los de-

pósitos, tiene que estar, como es natural, en la parte baja, arrancando de aquí la cañería maestra que lleva el agua a la distribución procediéndose a la toma, figura 118, por medio de dos tubos, que se reúnen en uno, constituyendo la cabeza de la cañería maestra, y situados un poco por encima del fondo para que no sean arrastrados los sedimentos que en él

se acumulen. Naturalmente, cuando uno de los depósitos está vacío, el agua que abastece la población hay que tomarla del otro, y como ambos han de servir en idénticas condiciones, hay que dar a los dos tubos de toma el mismo diámetro capaz del caudal que se necesite.

También ha de haber desagües en disposición para verificar el vaciado y limpieza de los depósitos. La solera se construye con alguna pendiente y estando alisada su superficie con una capa de mortero, las aguas deslizan suavemente y se dirigen hacia un punto bajo por el cual se hace el desagüe. Puede constituirse la solera por medio de dos planos inclinados, figura 119, y en el punto

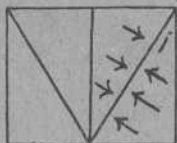


Fig. 119

to bajo se disponen los tubos de vaciado que no precisan que sean de gran diámetro. Así, pues, del fondo de cada uno de los compartimentos del depósito arranca un tubo de desagüe, figura 118, con su llave correspondiente.

La entrada no debe situarse próxima a la toma, porque quedaría una gran masa de agua que se renovarí a muy lentamente, sobre todo en los depósitos de gran superficie en los que las oscilaciones de nivel son peque-

ñas, se dispone la entrada en el extremo opuesto a la salida o también se pueden disponer los tabiques indicados en la figura 120, que no es preciso que se calculen como

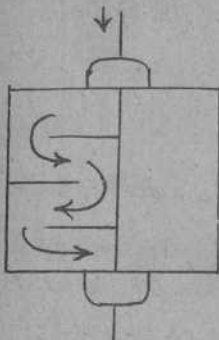


Fig. 120

el muro divisorio, pero esta instalación carece de importancia y generalmente se suprime.

Hemos supuesto que el agua en el depósito no ha de pasar de un nivel determinado y para que esto se cumpla rigurosamente hay que disponer aliviaderos que den salida al agua sobrante; pueden construirse de dos formas: una de ellas consiste en colocar un tubo vertedero de boca acampanada en el interior del depósito, de modo que la boca enrase con el nivel máximo que ha de alcanzar el agua; el otro procedimiento consiste en hacer cortes en los muros a la citada altura, por los que sale el agua sobrante, figura 118, y viene a caer en un pozo que comunica con el desagüe.

En el caso de ser un depósito elevado, se colocan los tubos de toma, desagüe y aliviadero de superficie como se indican en la figura 121. El tubo vertedero puede estar situado en el interior asemejándose al de

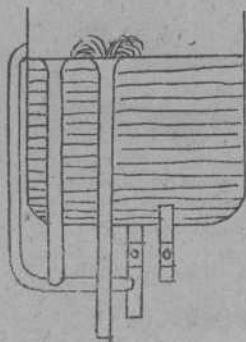


Fig. 121

entrada del agua, o exteriormente adosado al depósito, estando en ambos casos la boca del tubo a la altura del nivel máximo y siendo su diámetro a lo menos igual al del tubo de entrada.

Todas las obras accesorias que se han citado, se instalan dentro de una casilla de protección, construida junto al depósito, y puede, también, destinársela a oficina, almacén o lo que haga falta para la explotación, y en los depósitos enterrados o semienterrados, habrá una escalera para poder bajar a maniobrar las llaves de los tubos, compuertas, etc.

Es también precisa la instalación de indicadores de nivel, que pueden reducirse sencillamente a unas escalas de hierro fijas a la pared del depósito y en sitios donde se puedan verificar cómodamente las lecturas; llevan los números en relieve que se pintan de color para hacerlos más visibles y duraderos, estando las escalas graduadas en decímetros. Este procedimiento es poco práctico, solíéndose emplear unos flotadores que cuelgan de un cordón arrollado a un tambor

o polea y llevando en el otro extremo un contrapeso; al subir o bajar el flotador, el tambor gira y se manifiestan exteriormente sus movimientos por medio de una saeta que señala en un círculo graduado donde están expresados los espesores de capa de agua a su equivalente en metros cúbicos. Estos indicadores van instalados dentro de la casilla.

En los depósitos de abastecimientos pequeños, como lo son, generalmente, cuando se utilizan aguas de manantial, se prescindiría del muro divisorio, con lo cual se tiene una gran economía, pues el depósito se reduce a uno solo y entonces no hay toda esa complicación de aparatos que hemos reseñado, debiendo ponerse una comunicación directa de la conducción con la cañería maestra para que, cuando haya que limpiar o hacer alguna reparación en el depósito, la población no se quede sin agua.

Otros accesorios importantes son las ventosas que hay que instalar, bien en el origen de la cañería maestra, figuras 118, y 122, o en cada uno de los tubos de toma para evitar los golpes de ariete que se producen cuando hay que descargar la cañería para hacer reparaciones; como la carga de agua

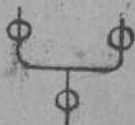
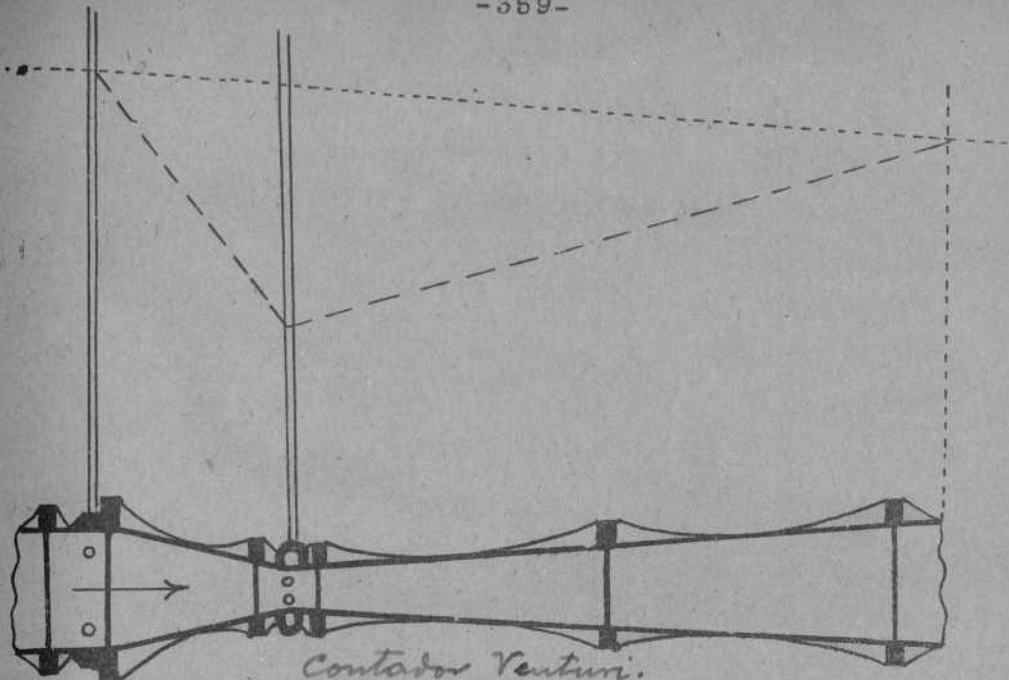


Fig. 122

sobre los puntos indicados para las ventosas es pequeña; pueden disponerse tubos abiertos por el extremo superior y de altura algo mayor que el nivel máximo de las aguas del depósito; también se suele poner unos grifos, que abriéndolos en el caso preciso hacen de ventosas.

En la cañería maestra se instala un contador para medir las variaciones de consumo y poder dibujar las curvas correspondientes. En Madrid se utiliza el contador Venturi en cada uno de los depósitos, figuras 118 y 123, por medio del cual se toman las presiones en dos puntos: el uno, en la parte cilíndrica, el otro, en el estrechamiento; valiéndose de dos tubos piezométricos y por la diferencia de presiones se llega al conocimiento del caudal que pasa por la cañería. El aparato señala las variaciones gráficamente en un papel cuadrículado arrollado en un tambor y que da una vuelta cada siete días, siendo metros cúbicos las ordenadas de la curva dibujada y horas las abscisas.

Finalmente, conviene dar entrada y salida al aire en el depósito por medio de aberturas pequeñas para que las oscilaciones del



Contador Venturi.
Fig. 123

nivel de agua no encuentren obstáculos en sus ascensos, siendo conveniente que estas aberturas lleven una rejilla o tela metálica muy tupida, para evitar la entrada de insectos en el depósito.

También se necesita disponer una entrada para las personas y escaleras para bajar, que se colocan a uno y otro lado del muro divisorio, y para la entrada de materiales precisos en las reparaciones que haya que efectuar, se deja en cada compartimento un registro con su tapa correspondiente y sin escalera,

caso de construir dos sistemas de cañerías, para la distribución de dos clases de agua, una buena utilizada para el servicio de las casas y otra mediana para servicios públicos, tales como: lavado de calles, riego de jardines, etc. Se comprende que esta doble distribución ha de resultar muy cara, además de ser muy complicado el sistema.

A Londres y otras capitales importantes se les puede considerar como una serie de poblaciones pequeñas yustapuestas, cada una de las cuales tiene su distribución independiente, pero hoy se trata de hacer los abastecimientos con una sola red de distribución.

La distribución se hace dividiendo la población en zonas o pisos a juicio del Ingeniero, después de un examen detenido de las condiciones topográficas de la población.

Cuando sean tres las podemos llamar, zona alta, media y baja, cada una de las cuales tiene la distribución independiente, con comunicaciones entre ellas, que en el servicio corriente están cortadas. Esto se impone cuando el abastecimiento se hace con agua rodada y no puede llegar a toda la población, sino a determinada parte de ella, siendo preciso construir por esta causa, depósitos que

dominen los pisos superiores, para poder dar agua al resto de la población, y si hay edificios próximos a estos depósitos, se construirá uno elevado.

También en el caso en que toda la población se abastece con agua elevada, se puede estudiar la manera de no elevar todo el agua a la parte más alta, excepción hecha del casco en que la población sea llana, pues en cualquier otro no existe la necesidad de elevar a la zona alta el agua que se ha de consumir en la zona baja y lo que resulta práctico es disponer dos o tres depósitos escalonados.

Hay poblaciones en pendiente que se pueden abastecer en toda su extensión con agua rodada, figura 124, pero pueden resultar

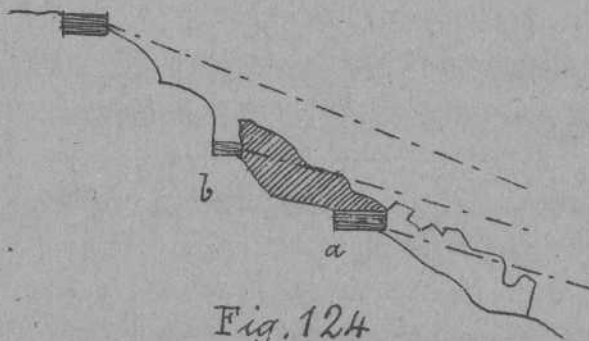


Fig. 124

enormes las presiones en la parte baja y para disminuir la carga se divide en zonas o pisos, con

su depósito correspondiente que se llenan con agua del piso inmediato superior; a la entrada del agua en estos depósitos, puede

ponerse un cierre automático accionado por un flotador que impide que se desperdicie el agua sobrante que habia de marcharse por el vertedero y para el caso en que pudiera fallar el cierre, están provistos los depósitos de aliviaderos de superficie.

En cuanto a la ubicación, hay que tener mucho cuidado, pues si ponemos el depósito en a para alimentar el piso inferior, se quedarán muchas casas de éste sin agua, mientras que si lo situamos en b el abastecimiento está asegurado, por quedar la línea de carga por encima de las casas más altas. La distribución de cada piso está en comunicación con la inmediata superior, para prevenir el caso de que uno de los pisos se quede sin agua.

Todo esto resulta un sistema muy complicado y lo más económico y sencillo es una distribución única y a ésta nos hemos de referir en lo sucesivo.

TRAZADO Y CÁLCULO DE LAS CAÑERÍAS DE LA DISTRIBUCIÓN. La distribución en cuanto a su forma se refiere, tiene semejanza con la disposición que toman las ramas de un árbol. El tronco, que es la cañería maestra, arranca del depósito regulador, lleva todo el agua de la distribución y al llegar a la po-

blación se ramifica; de la cañería maestra arrancamos otras, que podemos llamar de primer orden, de las que a su vez parten otras de 2.º orden y así sucesivamente hasta llegar a las cañerías de servicio. No se puede decir por donde irán las cañerías principales, pues depende de la configuración de las poblaciones. La cañería maestra se debe llevar por el camino más corto y las de primer orden parece lógico que vayan por las calles principales buscando los barrios más densos.

Con el plano de la población a la vista, el Ingeniero hará varios tanteos para economizar metros de tubo de gran calibre. El trazado se hace en el plano, en el cual se señala con signos convencionales, no solo las cañerías de diversos calibres, sino también los registros, llaves de detención, de desagüe, etc.

Se pueden seguir dos sistemas: el ramificado y el reticulado. En el primero, figura 125, reciben las cañerías el agua por uno solo de sus extremos, mientras que en la segunda, figura 126, la pueden recibir por ambos.

Inconvenientes del primer sistema son: que si hay o tiene lugar alguna avería en un punto tal como el a, se queda sin agua la ma-

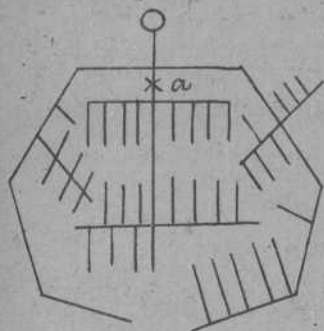


Fig. 125

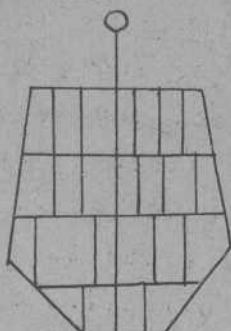


Fig. 126

por parte de la población, inconveniente que desaparece adoptando el segundo sistema, pues

cerrando las llaves, la distribución no deja de funcionar, pero, claro está que estas ventajas llevan consigo desventajas en cuanto a economía se refieren.

Puede seguirse y se sigue, un procedimiento mixto, instalando el sistema reticulado en la parte céntrica de la población y ramificado en los suburbios. Para ello se instala una cañería de circunvalación, que resultaría enorme si se extendiera a todo el contorno de la población, por cuya razón se adopta la distribución mixta, haciendo derivaciones ramificadas o reticuladas más sencillas, que ofrecen el inconveniente de que en casos de averías se quedan sin agua los arrabales.

Para hallar los diámetros de los tubos, se emplean las fórmulas ya conocidas: un primer dato que es preciso saber son los cauda-

les que han de llevar, y el otro es la velocidad del agua, que suele fijarse en un metro por segundo, no debiendo pasar nunca de dos metros; de estos datos se deduce, facilmente, la pérdida de carga.

Si la distribución es ramificada, estos cálculos no ofrecen dificultad porque se sabe cómo ha de marchar el agua en el interior de los tubos, pero en el otro caso, parece que hay indeterminación sobre el modo de entrar el agua en los tubos, indeterminación que se hace desaparecer admitiendo los dos sentidos posibles de entrada del agua.

La distribución ramificada es más económica, porque a medida que nos alejamos, en los tubos disminuye el caudal y por consiguiente la sección, mientras que para la reticulada hay que hacer el cálculo independientemente de los dos sentidos de marcha del agua, con lo cual resultan más kilogramos de acero. En este último caso, muchas veces se calculan los tubos suponiéndolos alimentados solamente por uno de sus extremos y se dejan así, pues cuando se alimentan por el otro extremo, lo que ocurre es que baja la línea de carga, figura 127, lo cual no es un inconveniente grave, con tal de que dicho descenso no pase de cierto límite, pudiéndose

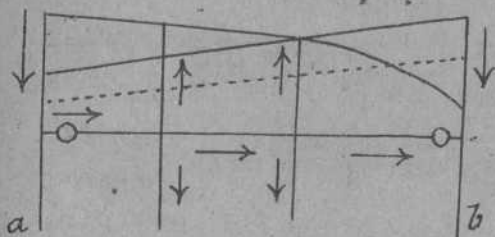


Fig. 127

estudiar esta cuestión en cada caso particular. Admitiendo la doble hipótesis, las dimensiones mayores se obtienen en los extremos y van decreciendo hasta el punto medio, que es donde existe el menor diámetro. En la figura 127, se observa, desde luego, la ventaja dicha de la distribución reticulada, pues ocurriendo una avería en la cañería a, se cierra la llave y entonces se abastece el trozo indicado por la cañería b y al contrario.

Para llegar a estos detalles vamos a ver que hipótesis se pueden hacer, para el cálculo de las cañerías principales.

Estas hipótesis pueden ser las representadas en las figuras 128, 129 y 130; de la cañería maestra parten tres cañerías principales, dos de circunvalación y una central, y las tres hipótesis corresponden a las tres combinaciones posibles de alimentación de las cañerías secundarias, prescindiendo de una de las cañerías primarias, por lo que para el cálculo de estas últimas hemos de tener en cuenta que hemos de conducir la mi-

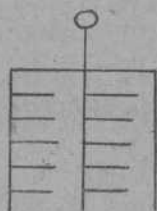


Fig. 128

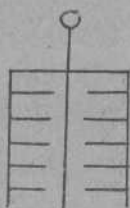


Fig. 129

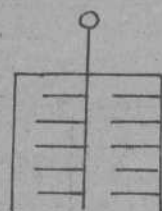


Fig. 130

tad del
caudal
destina-
do al
abaste-
cimiento

to de la población.

Con el juego de llaves indicado en la figura 131, se pueden realizar los tres géneros de hipótesis anteriormente indicadas.

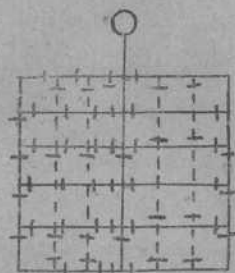
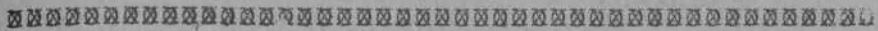


Fig. 131

Se podría suprimir la cañería intermedia, pero entonces todo el caudal llegaría a la población por una de las de circunvalación, con lo que tendrían que ser de mayor diámetro, lo mismo que las transversales principales.



- X L -

Para calcular el diámetro de los tubos en una distribución, se tienen como datos los caudales y es preciso fijar otros más para poder hallar las dos incógnitas que figuran en las fórmulas que sirven de base a estos cálculos. Se acostumbra a fijar la velocidad del agua en 1 metro por segundo e insistimos una vez más en que las unidades que se emplean en las fórmulas de hidráulica son el metro lineal, sus derivados y el segundo.

Tenemos, pues, que determinar en primer término los caudales, para lo cual se siguen dos procedimientos, según se trate de poblaciones de pequeña importancia o de poblaciones grandes.

En el primer caso, para determinar los caudales, se supone que se reparten proporcionalmente a la longitud de la cañería, de modo que una vez hecho el trazado de la

distribución en el plano, hemos de medir la longitud total de la cañería. Suponiendo una población pequeña, de 2.000, 3.000.....N habitantes y una dotación diaria de M litros por habitante, tendremos que:

$$N_{\text{hab}} \times M_{\text{lit}}$$

es el caudal medio diario, y el máximo horario, que es el que necesitamos, dividido por 3.600 que es el número de segundos que tiene una hora, nos da el caudal por segundo:

$$Q = \frac{N_{\text{hab}} \times M_{\text{lit}}}{10 \times 60 \times 60}$$

Si L es el resultado de la medición de la longitud de cañería, el caudal correspondiente a un metro vale:

$$\frac{Q}{L} = q$$

que es un número muy pequeño.

Para obtener el caudal que se consume en cada trozo de cañería, se multiplica por q sus longitudes respectivas, resultando, también, números muy pequeños, pero como las cañerías han de servir para combatir los incendios, hay que poner hidrantes que consumen a razón de 5 litros por segundo, que se tienen en cuenta en el cálculo, agregando a los caudales que pasan por cada uno de los trozos, el correspondiente a un hidrante.

Figura 132; para razonar o aclarar

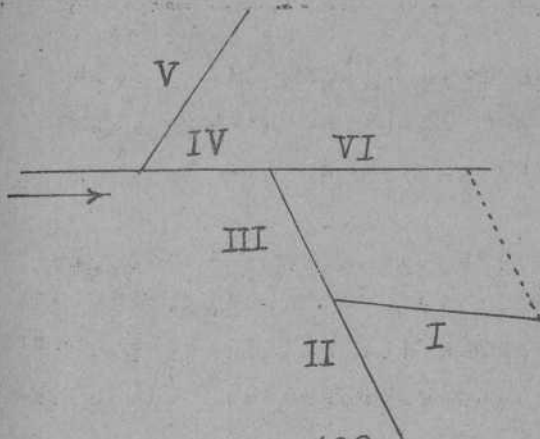


Fig. 132

lo anterior-
mente dicho,
distinguire-
mos con los
números 1, 2,
3,
las cañerías
de la distri-
bución rami-
ficada, que en
el caso que

estamos estudiando es la que se emplea; los productos $l \times q$ afectados con los subíndices correspondientes, nos dan los caudales que se consumen en cada trozo y los que necesitamos para calcular los diámetros, se obtienen como se indica en las expresiones siguientes:

$$Q = l_1 q + 5$$

$$Q = l_2 q + 5$$

$$Q = l_3 q + l_2 q + l_1 q + 5$$

.....

.....

Fijada la velocidad en l_m : seg, se deduce el diámetro por la fórmula:

$$w \times l = Q$$

resultando, en general, un diámetro que no

está en los catálogos y tomaremos el inmediato superior o inferior; en el primer caso, la velocidad disminuye y en el segundo aumenta, lo cual no es un inconveniente, siempre que sus valores estén comprendidos entre 0,90 y 1,10.

No hay necesidad de calcular directamente los diámetros, sino que nos podemos servir de las tablas de los manuales, pues siendo los números que expresan los caudales iguales a los de las áreas, buscando éstas en las casillas encabezadas $\frac{\pi n^2}{4}$ en el lugar correspondiente de la casilla n encontramos el valor del diámetro.

Se pueden calcular también por medio de ábacos, que nos dan al propio tiempo la pérdida de carga. El ábaco de D. A. Sonier, inserto en el apéndice, juntamente con la resolución de los problemas sobre distribución de aguas, consiste en cuatro rectas paralelas, en las que están señalados previamente: los caudales en litros por segundo, los diámetros en milímetros, las pérdidas de carga en milésimas y las velocidades en metros por segundo. Se usa de la siguiente manera: en la recta de los caudales se busca el caudal conocido y en la de las velocidades el otro dato que es

$v = 1m:seg$; se unen ambos puntos por una recta y en las intersecciones con las otras dos paralelas, encontramos el diámetro y la pérdida de carga. Como el diámetro obtenido no estará, generalmente, comprendido en los catálogos, se elegirá el inmediato por exceso o por defecto, hallándose la pérdida de carga y la velocidad correspondiente, uniendo por una recta, los dos puntos que marcan el caudal y el diámetro y viendo su intersección con las rectas donde se marcan aquellas variables.

Multiplicando las pérdidas de carga por la longitud l de cada trozo, obtendremos la pérdida total en cada derivación, que necesitamos conocer para determinar la carga que ha de haber en el depósito, que en poblaciones pequeñas varía entre 15 y 25 metros.

Haciendo estos tanteos, es como se fija la posición del depósito. En un primer tanteo podemos fijar una pérdida del 2 al 3 % y luego comprobar el resultado.

No hay inconveniente para el cálculo, encerrar las ramas de esta disposición formando retículos, cuando se presta el plano a ello, así, por ejemplo, en la figura 132, podemos cerrar por medio de un tubo, que no se calcula, sino que se le da

el mismo diámetro de los obtenidos para el polígono que hemos formado.

Cuando se trata de una población grande, digamos que se podía instalar una cañería de circunvalación dispuesta de manera que en caso de avería el agua vaya toda por una de las dos ramas principales, figura 133, o bien, que cada cañería, figura 134,

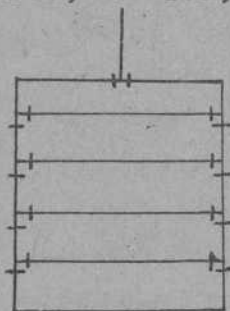


Fig. 133

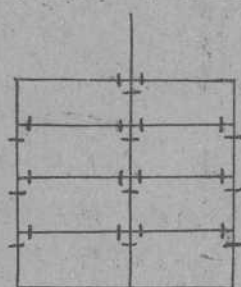


Fig. 134

lleva agua para media población; ambas hipótesis tienen sus ventajas e inconvenientes y no podemos decir cual de ellas es la más barata.

Una cañería para conducir 40 litros por segundo, no cuesta el doble que otra, que conduzca 20 litros, su diámetro tampoco es doble y lo mismo ocurre con respecto a la apertura de zanjas.

Por la primera hipótesis, las cañerías transversales tienen que ser de mayor diámetro.

Los diámetros se determinan fácilmente, haciendo uso del ábaco una vez conocidos los caudales que marchan por las cañerías maestras y para decidirnos por una u otra hi-

hipótesis, se puede hacer un tanteo suponiendo que las cañerías cuestan una peseta por centímetro de sección y metro de longitud.

Veamos cómo se hace el cálculo de las cañerías transversales. Supongamos, figura 135, que el abastecimiento se hace por la cañería de la izquierda,

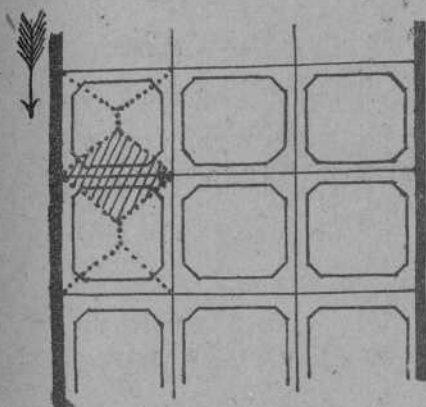


Fig. 135

ñería de la izquierda, como si la otra no existiese y que no existe tampoco la cañería central; empezaremos por calcular los caudales, siguiendo el sistema de la superficie servida por cada cañería, ha-

ciendo hipótesis sobre la repartición de la superficie. Las cañerías van por las vías principales, encerrando cada retículo una manzana de casas, trazaremos las bisectrices de los ángulos de los retículos, con lo cual descomponemos la superficie total en una de áreas, servida cada una de ellas por una de las cañerías. Directamente o por medio del planímetro, se miden cada una de las áreas que se van anotando sobre el plano y conociendo la densidad de población en cada ba-

rrio y la ración de agua por habitante y día determinaremos el número de litros que se consume por hectárea en un segundo, que son las q.

Suponiendo una densidad de población de 300 habitantes por hectárea, se asigna una ración de agua de 120 litros por habitante y día; el producto 300×120 nos da el caudal diario por hectárea y el que nosotros necesitamos para el cálculo de las cañerías, es el máximo horario dividido por el producto 60×60 que vale

$$\frac{300 \times 120}{10 \times 60 \times 60} = 1 \text{ litro : Ha X seg}$$

En este caso particular, los números que miden las áreas nos dan el número de litros que se necesitan por segundo y hectárea.

A estos caudales hay que añadir el agua necesaria para los hidrantes, que se suponen dos abiertos en cualquiera cañería de la población, de modo que hay que añadir 10 litros a los caudales anteriores.

Conocidos los caudales, estamos ya en el mismo caso anterior, y se calculan los demás elementos de la cañería, siguiendo de esta forma hasta la cañería principal.

Si determinásemos los diámetros, únicamente por las áreas servidas, nos resulta-

rían fracciones de litro para abastecer las zonas y la cañería tendría un diámetro insignificante; es necesario instalar bocas de riego y los tubos se calculan para que lleven el caudal determinado por las áreas, más el de los hidrantes.

Por último; con el ábaco, determinaremos las pérdidas de carga, para conocer la presión que ha de existir en el depósito.

---:---:---:---:---:---:---:---:---

XX

-- X L I --

UBICACIÓN O ASIENTO DE LAS CAÑERÍAS.

Ya hemos visto que las cañerías tienen que ir por todas las calles formando la distribución ramificada o reticulada. Lo corriente es que se sitúen las cañerías en el eje de la calle, obteniéndose así la ventaja de que las tomas para las casas son igualmente costosas de ambos lados, a cambio del inconveniente de que si ocurre una avería hay que descubrir la zanja, en donde se colocan, ocasionando grandes molestias al tránsito. La solución que se adopta, para mayor comodidad, consiste en colocar la cañería a un lado de la calle, con lo cual las tomas son más largas en un sentido que en el opuesto, pero en cambio no se interrumpe o perturba el tránsito. Lo mejor sería instalar las cañerías debajo de las aceras; si la calle es estrecha, se dispone debajo de una de las aceras

la cañería del agua y debajo de la otra la del gas; en las calles anchas se puede seguir el mismo criterio, pero en algunas poblaciones, lo que se hace es disponer debajo de cada una de las aceras una cañería de agua y otra del gas y aún hay poblaciones en las que se instala una cañería general en el centro de la calle y a los lados dos cañerías de abastecimiento, dando vuelta a las manzanas, pero este sistema resulta caro y por esta causa rara vez es empleado.

También ya hemos hablado respecto de la necesidad de instalación de llaves para cortar el agua cuando sea preciso hacer reparaciones y para lo cual hay que dividir la distribución en trozos de forma que se puedan aislar colocando las llaves en sitios en los que se encuentren con facilidad, para lo cual se adopta un sistema, que consiste en disponer en las paredes de las edificaciones próximas unas chapas en las que están inscritas las coordenadas de la llave respecto al punto en que está situada la placa; se puede facilitar esta observación adoptando un criterio general, de manera que las cañerías se coloquen debajo de las aceras de los números pares o impares, influyendo algo la temperatura para decidirnos por uno u o-

tro lado de la calle. Deben colocarse a una profundidad tal que no lleguen a notarse las variaciones de temperatura y desde luego que no se hiele el agua, profundidad que suele variar entre 1,20 y 1,50 metros, llegando como límite superior a 0,60 metros, cuando resulta muy costosa.

Las cañerías de la conducción pueden ir enterradas en zanja o galería; lo primero es lo más barato, pero lo mejor es que vayan por galerías practicables, cuyas dimensiones fija el Ingeniero, por la consideración de que tengan altura y ancho suficiente para situar los tubos y que los obreros con carretones o pequeñas vias colocadas a un costado, puedan transportar los tubos y hacer las maniobras que exige su colocación. Esto es muy cómodo, porque la vigilancia resulta fácil y se pueden realizar visitas de inspección con relativa frecuencia, con lo cual se aprecian inmediatamente las roturas y se disminuyen las pérdidas de agua, además de que los tubos se encuentran al abrigo de choques y no experimentan más variaciones de temperatura que en el caso de estar enterrados en zanja, con tal de que existan en las galerías corrientes violentas de aire.

En el caso de ir enterradas en zanjas,

una rotura en la cañería, puede dar lugar a inundaciones en los sótanos de las casas y muchas veces no se manifiestan hasta que ocurre una catástrofe, sobre todo si el pavimento es de asfalto asentado sobre una capa de hormigón.

En las galerías se disponen registros para poder bajar los tubos y entrar a reconocer la cañería. Con este sistema se atiende mejor a todo el servicio, pero resulta caro, por lo cual en las grandes capitales únicamente las arterias principales son las que se disponen en galería y sería conveniente tener calles subterráneas, para disponer en ellas las cañerías de agua, cables eléctricos, etc., para evitar al mismo tiempo las frecuentes calas de las calles. En la Gran Vía de Madrid, se han construido galerías dobles, una encima de la otra, estando la inferior destinada a la evacuación de las aguas sucias y la superior a las cañerías de agua y conducciones eléctricas.

MATERIALES. Ya hemos indicado los distintos materiales que se emplean cuando tratamos de la conducción en general. Los tubos de la distribución tienen que soportar presiones por lo menos de tres a cuatro atmósferas y por consiguiente se trata de una con-

ducción forzada, más no es ésta la presión que hay que tener en cuenta, puesto que a las horas de máximo consumo la presión es menor y a las horas en que aquél es muy pequeño, los niveles piezométricos se acercan al plano de carga general, no pudiéndose emplear para estas presiones los materiales que entonces indicamos. El hormigón puede resistir perfectamente estas presiones, pero no resulta práctico para tubos de pequeño diámetro y de aquí que haya que recurrir a los tubos de hierro estirado y asfaltado, pero los que mejor resultan y casi exclusivamente empleados son los de fundición o acero moldeado. Hay también tubos de hierro forjado que se anuncian como muy económicos, pero dan muy mal resultado; en cambio los de fundición resisten muy bien y no es de temer la oxidación, como lo demuestra el hecho de existir distribuciones en servicio que tienen más de cien años. Además, en la distribución es muy variable el diámetro de los tubos y hay que hacer empalmes y disponer de piezas especiales que se hacen muy bien en la fundición; la fundición que se emplee debe ser de segunda fusión, dulce, que se pueda trabajar bien con el cincel y la lima.

Los tubos tienen que estar perfecta-

mente calibrados y ser de espesor constante a más de no tener defectos que falseen su resistencia. Al hacer la recepción de los tubos, se admite una tolerancia de un 3 % en peso y diámetro y 2 mm. en el espesor. El espesor se comprueba por medio del compás, representado en la figura 136, que tiene un brazo fijo que se encorva y se une con otro móvil por medio de la articulación a; el brazo fijo lleva en el extremo un tornillo de corrección t y el móvil un índice i que señala sobre una escala.

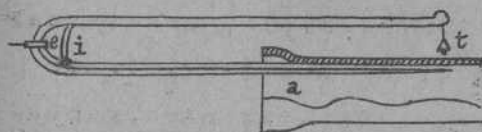


Fig. 136

Con el fin de efectuar cómodamente las lecturas sin necesidad de bajarse, hay junto a la escala un espejo e inclinado a 45°, con lo que por reflexión se pueden hacer las lecturas de pie.

La medida del espesor se hace según generatrices, para cerciorarse de su uniformidad.

El peso se comprueba en las básculas y para la prueba de resistencia se emplea la presión hidráulica, mediante el aparato de la figura 137, que tiene dos platillos verticales, uno fijo y otro móvil, entre los cuales se coloca horizontalmente el tubo que se trata de ensayar, interponiendo entre las bo-

XX

- X L I I -

EMPALMES DE TUBOS. Los tubos de mayor diámetro tienen una longitud útil de 3 metros en unas fábricas y en otras, los de diámetro pequeño, entre 2 y $2\frac{1}{2}$. Para formar las cañerías hay, pues, que empalmarlos y para ello se utilizan las piezas indicadas en la Lámina I, que son las más frecuentemente empleadas.

En la disposición de enchufe y cordón, uno de los tubos tiene un ensanchamiento en el que entra el extremo del inmediato que lleva el cordón, quedando entre ellos un espacio que se llena primero con filástica embreada, que tiene por objeto evitar que el plomo fundido que después se echa, pase al interior de los tubos; para introducir el plomo, se dispone una corona de arcilla, en la que se deja un agujero para la salida del aire y otro para que sirva de embudo por don-

de se introduce el plomo fundido, figura 138. Una vez que se ha llenado de plomo el

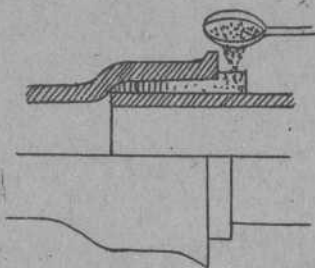


Fig. 138

espacio anular que quede entre los dos tubos y la filástica, se quita la corona de arcilla y se retaca los rebordes de plomo por medio del cincel y del martillo. Como la presión interior tien-

de a echar fuera la corona de filástica y plomo, llevan los enchufes, para contrarrestar este efecto, un rebajo anular, que es ocupado por el plomo y evita el citado inconveniente. El plomo, para su empleo, ha de estar en su punto; al fundirle primero toma una coloración gris, que lentamente se torna en color dorado, que nos indica, precisamente, el momento en que debe usarse. Si continuamos calentando, del color dorado pasamos a un color cobrizo y por último adquiere un aspecto de barro, que nos indica que ha sufrido una oxidación grande y entonces hay que tirarlo; además ha de ser de primera fusión, pues el plomo usado resulta quebradizo.

Se puede usar, también, plomo en frío introduciendo entre el macho y la hembra trenzas de plomo, que se retacan vuelta por vuel-

ta, para que se forme una masa compacta impermeable.

Otra de las juntas empleadas es la de bridas, en las cuales los tubos terminan en una corona circular provista de agujeros para introducir los tornillos, pasadores o pernos. La impermeabilidad de la junta se hace interponiendo entre las dos coronas una rodana de cuero, plomo o goma y apretando los pasadores. Estas dos juntas son las corrientes y la más usada es la de enchufe y cordón y de mayor flexibilidad, pues permite, en parte, la dilatación por el calor de la cañería y no se opone a pequeños movimientos verticales.

La junta de bridas, por ser más rígida, se puede emplear en las curvas que es donde la cañería está más expuesta a dislocaciones y en los trozos rectos la de enchufe y cordón. La junta de enchufe y cordón tiene el inconveniente de que no se puede desmontar más que en caliente y que cuando se rompe un tubo, no se puede quitar como en el caso de la junta de bridas, siendo preciso cortar un trozo de tubo y para hacer la reparación se coloca otro trozo cortado a la medida, que se enlaza con un manguito, pero estas roturas no son frecuentes y no es

operación que se tenga que hacer muchas veces.

En cambio las llaves se ponen casi invariablemente con bridas, porque se estropean con más frecuencia y hay que quitarlas para poner otras o arreglarlas.

La junta de bridas se usa también, en otros casos especiales, como, por ejemplo, cuando hay que atravesar un río con una cañería, pues entonces no es posible el empleo de piezas con enchufe y cordón, por la imposibilidad de usar el plomo fundido dentro del agua y entonces, en lugar de hacer las juntas una a una, se puede sumergir de una vez un trozo de cañería, previamente empalmado, para lo que se prefiere la junta de bridas, que resulta más rígida.

Con este objeto se suele emplear también una junta de rótula, figura 139, que consiste en dos tubos que llevan en sus extremos dos casquetes esféricos, el uno dentro del otro; claro está que si ambos fueran de una sola pieza no se podría introducir y para hacerlo factible, el casquete que hace de macho está formado, como se indica, por dos piezas unidas por medio de bridas con interposición de una guarnición para asegurar la impermeabilidad de la junta, que re-

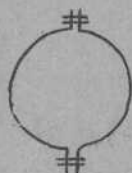
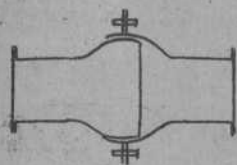


Fig. 139

sulta de una gran flexibilidad.

La junta de enchufe y cordón, tiene la ventaja de que permite a los tubos un pequeño juego para formar ángulos de 4° , cosa difícil de hacer con la junta de bridas, que exigiría la interposición de roldanas

de espesor variable.

De esta manera se enlazan los tubos, pero en la cañería necesitamos además hacer muchas combinaciones poniendo llaves, desagües, ventosas, etc., en puntos convenientemente elegidos. En los puntos altos, se puede evitar el empleo de ventosas haciendo en ellos tomas de agua, con lo cual el aire que en dichos puntos se acumula, sale con la corriente; ahora bien, en sitios donde no se puedan verificar las tomas, hay que instalar ventosas y se necesitan piezas especiales de las cuales las más usuales vienen detalladas de la Lámina I.

Las curvas que se presentan en el trazado si son de radio grande, se hacen disponiendo del juego de los tubos, con los cuales se forman polígonos con desviaciones de

2 o 3 grados, siendo facil deducir el radio de la curva, que suele variar entre 60 y 80 metros.

Para radios pequeños, se emplean las piezas especiales curvas con ángulos determinados, y combinando ambos procedimientos se puede siempre adaptar la tubería al trazado.

En los puntos en que concurren varias cañerías, se pueden emplear cajas de distribución, figura 140, que son de fundición y

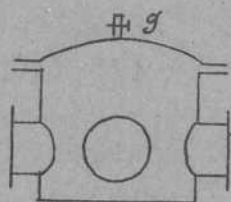


Fig. 140

están provistas de tantas bocas como cañerías concurren y cuya parte superior está algo elevada, con el fin de recoger el aire que circula por los tubos y facilitar su extracción, que se lleva a efecto por medio de un grifo g; en general estas piezas son poco empleadas, porque no se prestan a modificaciones ulteriores y no se reemplazan con facilidad en el caso de avería. Por esta razón en las encrucijadas se emplean las piezas especiales A y B o las crucetas (Lámina I), con las cuales se hacen las derivaciones en puntos diferentes de la cañería. Suelen ponerse en estos puntos las llaves con ramal de brida, para cortar el agua, (figu-

ra 141). Se debe poner el enchufe de los tu-

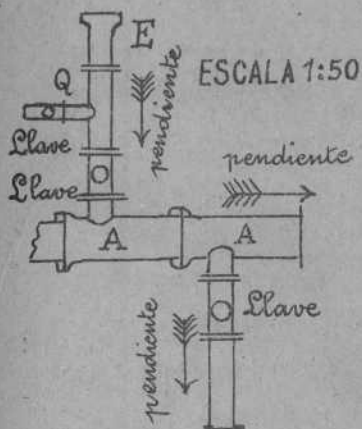


Fig. 141

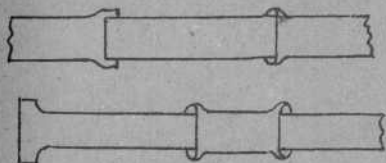


Fig. 142

bos siempre hacia arriba en el sentido de la inclinación de la cañería, porque así se introduce mejor el plomo fundido para hacer la junta y cuando cambia la pendiente se ponen los tubos de dos cordones o bien un manguito, figura 142, dependiendo de las circunstancias.

APARATOS ACCESORIOS.

Las llaves que se emplean en la distribución, son deficientes para los

tubos de pequeño y aún para los de gran diámetro; las que se emplean en los grifos de servicio doméstico y en las tomas de agua para particulares, consisten en un trozo de cono, que convenientemente guiado, penetra en una caja troco-cónica unida a la conducción y se mueve a mano o por medio de una llave. Cuando ya se trata de una cañería de 80 mm, que es lo que exige un hidrante, no se pueden emplear llaves de macho cónico,

porque el ajuste es grande y es muy costoso darle vueltas y en ciertos casos está indicada la llave en forma de cuña, que se mueve por medio de un tornillo o de un engranaje. Este obturador es generalmente un disco que se adapta en el interior de una caja metálica de la misma forma, unida a la cañería; toda la llave es de hierro colado, excepto el husillo y la tuerca que son de bronce.

El obturador es de fundición con los aros del cierre de bronce y el número de agujeros de las bridas aumenta con el diámetro de los tubos. Para su maniobra, termina el tornillo en una cabeza de cuadradillo, la que se introduce en el macho de una llave que termina en cruz o muleta, con objeto de facilitar la maniobra. Cuando la llave es pequeña, se maneja bien a mano, pero cuando es grande, es necesario emplear mecanismos reductores sencillos, como son los engranajes, y aún hay llaves, en las que se aprovecha la fuerza hidráulica, para sustituir la maniobra a mano, disponiendo un émbolo o una turbina, cuyo movimiento rápido se transforma por mecanismos de reducción.

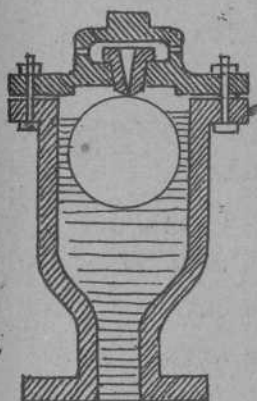
En las llaves utilizadas en la distribución de Madrid, el obturador se mueve hacia abajo, y esto se ha proyectado así, para fa-

cilidad de las maniobras y colocación en galerías.

Las ventosas pueden ser automáticas, de grifo o un simple tubo.

Para dejar sin agua la cañería, se ponen desagües en los puntos bajos y entrada de aire en los puntos altos, que se hacen por medio de grifos maniobrados a mano o por medio de ventosas automáticas.

La figura 143 representa una ventosa



automática sencilla. Las hay también dobles, o sea con una bola grande que tapa un agujero pequeño, que es la que sirve para el servicio corriente, y una bola pequeña que tapa un agujero grande, que es la que sirve para entrada del aire; cuando se vacía la cañería del depósito, basta poner un tubo

Fig. 143

vertical en la misma casilla de maniobra de las llaves.

---:---:---:---:---:---:---:---

de los que se construyen, sin embargo de esto se rompen en un día más de veinte, y estas roturas se producen en virtud de los golpes de ariete que tienen lugar por el cierre instantáneo de la válvula del hidrante y como la elasticidad del plomo no es ni con mucho comparable a la del hierro, se deforman poco a poco con los sucesivos golpes de ariete, hasta que se da origen a la rotura.

Al cortar el agua se debe reducir la sección de salida lentamente y aún así el golpe de ariete existirá, pero sin gran importancia.

Para que el cierre se haga lentamente, la rosca ha de ser de muy pequeño paso y debe haber un patrón de acero para que todas las roscas resulten idénticas, evitando así que los mangueros tengan que recurrir al empleo de trapos para que se efectúe bien el ajuste y al propio tiempo disminuir los escapes.

Para evitar los inconvenientes de este hidrante, se usa ya en Madrid otro tipo en el que la manga es independiente del funcionamiento de la válvula de cierre y apertura del agua, figura 145.

Con esta disposición la manga se atornilla, como en la anterior, pero el agua no

tiene salida hasta que con una llave de cuadrado se levanta el obturador; el cuerpo de la boca es de hierro colado, el tubo de salida del agua, la válvula y la rosca en que ésta gira son de bronce. Parece ser que este modelo no presenta los inconvenientes del anterior.

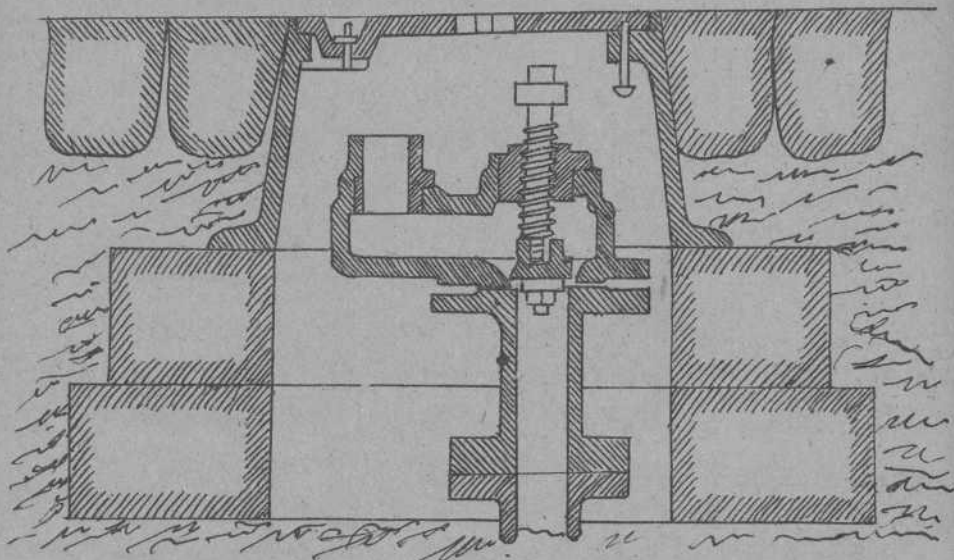


Fig. 145

Otro tipo de boca de riego es el empleado en Bilbao, Logroño, etc., que es, precisamente, el que hemos tenido en cuenta al hacer el cálculo del diámetro de los tubos de la distribución. En este sistema, figura 146, la válvula es una bola de ebonita, que hace el ajuste sobre una roldana de acero y

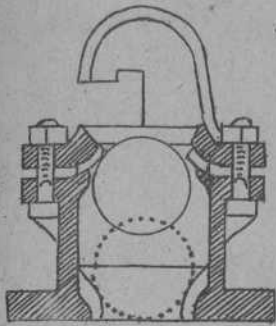


Fig. 146

se recomienda por su sencillez, siempre que la presión no exceda de 10 atmósferas.

Para hacer funcionar la boca, se sujeta una columna de bronce en las dos orejas por medio de una junta a bayoneta y como se representa en la figura 147, quedará

el émbolo de la columna apoyado sobre la bola: se hace girar la varilla por medio de una muletilla, siendo empujada la bola, que de esta forma dejará pasar el agua.

La columna tiene en la parte superior dos bocas que sirven para el enchufe de dos mangas que gastan aproximadamente 2 litros cada una, estando en el servicio corriente, cerrada una de las bocas; la caja que contiene a la bola es de fundición y se une con bridas a los tubos de toma; la columna es de cobre rojo con los juegos de bronce y el registro de hierro, para tapar la boca cuando no funciona. El tornillo de la varilla que se emplea para bajar la bola, es de paso muy pequeño con el fin de que el corte del agua no sea brusco. El peso de la columna es pequeño y basta un hombre para transportarla.

Este hidrante tiene el inconveniente

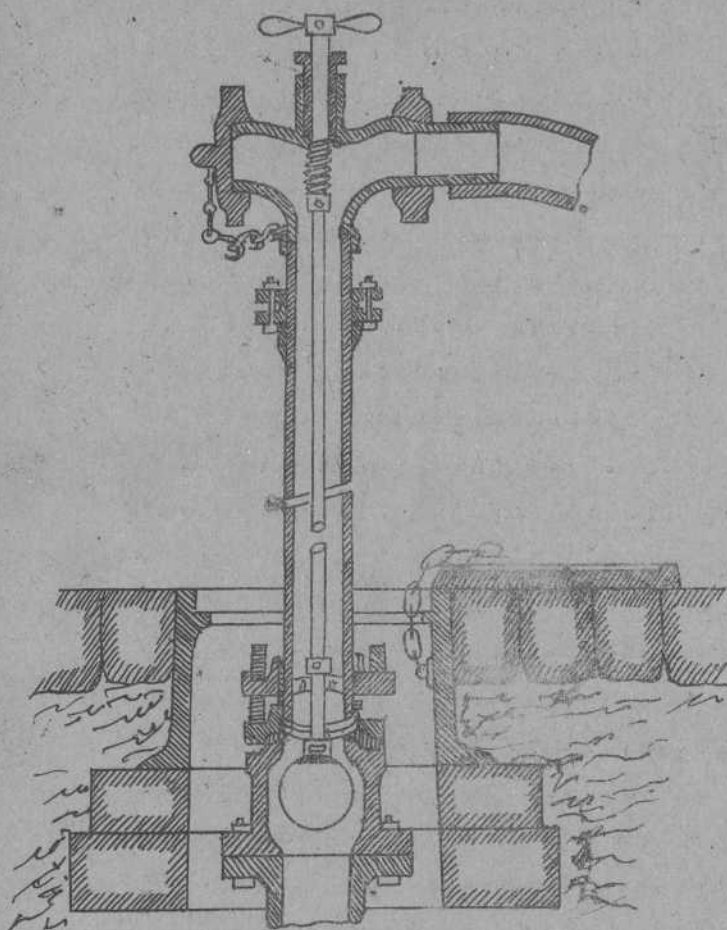


Fig. 141

de que la válvula de bola no es tan segura como la válvula ordinaria, más no obstante, es la boca de riego más generalizada, habiendo sancionado la

práctica de muchos años su buen resultado.

Respecto a la colocación de los hidrantes, diremos que debe ser en los lugares estratégicos, que son las encrucijadas o esquinas, porque desde ellas se dominan trayectos de las calles concurrentes, y la dis-

tancia a que deben colocarse, unas de otras, depende del alcance de la manga, y éste, de la presión de la cañería.

Ordinariamente, para las presiones corrientes, se ponen los hidrantes a 50 metros unos de otros, pero todo esto se queda al buen criterio del Ingeniero, que tendrá en cuenta la presión y la clase de bocas que se utilizan. Las mangas más duraderas son las de cuero, por cuya razón se emplean en el servicio diario de regar las calles, pero resultan muy pesadas y poco flexibles, por lo que para el servicio de incendios, se hacen de lona y se arrollan en carretes; estas mangas se pueden empalmar unas en otras, para obtener la longitud que sea necesaria.

FUENTES PÚBLICAS. Son aparatos de la distribución que no tienen ya razón de ser en las poblaciones abastecidas con agua abundante, puesto que se instalan grifos hasta en las habitaciones más pequeñas, sin embargo, siempre hay que instalar algunos en la vía pública, para que puedan beber los transeuntes, y sobre todo, deben colocarse en las plazuelas, jardines o sitios de concurrencia de los niños. En los pueblos pequeños, no suele entrar el agua en las casas, y en ellos, si hay agua, ha de procurarse

fuentes públicas en número variable, dependiendo de su importancia.

Cualquiera que sea la población, las fuentes públicas hay que disponerlas en sitios que no molesten al tránsito y no corran peligro los que de ellas tengan necesidad de hacer uso. Estas fuentes se toman de los catálogos y deben estar dispuestas para que sus llaves estén siempre cerradas, abriéndolas solamente cuando se hayan de utilizar; con este objeto se emplean llaves especiales que evitan al propio tiempo el golpe de ariete. También se dispone una llave para poder cortar la comunicación con la distribución general, en caso de avería. Se deben tomar prudentes precauciones contra los efectos del hielo, que podría producir frecuentes desarreglos.

Las fuentes decorativas, resultan muy bonitas, y tienen por objeto agradar a la vista por efectos de agua más o menos complicados y al oído por el susurro de la caída. En estas fuentes tiene importancia la parte arquitectónica y escultórica, pero el adorno principal es el agua, que hay que distribuir en forma tal, que con poca cantidad se sienta el efecto de que es abundante. El agua puede salir en forma surtidora por la parte

XX

- X L I V -

DISTRIBUCIÓN DE AGUA EN LAS EDIFICACIONES. Las tomas de agua en las cañerías principales, se hacen de distintas maneras, según sea la importancia del caudal que haya que derivar. Cuando se trata de caudales que exigen diámetros de 40 mm. como mínimo, se emplean las piezas especiales A o B, Lámina I. Cuando se necesitan diámetros menores, se recurre a taladrar directamente las cañerías, empalmando por procedimientos diferentes los tubos, que desde este punto llevan el agua a las casas.

Estos tubos de pequeño diámetro, lo mismo que los del interior de las casas, son de plomo, porque se adaptan fácilmente al camino sinuoso que tienen que seguir, plegándose a los ángulos o esquinas y rincones que constituyen las paredes; además, el plomo se funde a baja temperatura y se presta bien a

modificaciones y reparaciones por soldadura, uniéndose perfectamente cuantos elementos o aparatos se utilicen en el conjunto de la cañería.

La disposición general de una toma particular, es la de la figura 148, en la que el tubo de plomo atraviesa el muro de la casa y se dispone una llave de paso fuera de la finca, que tiene un registro en la acera de la calle y otro paso en el interior.

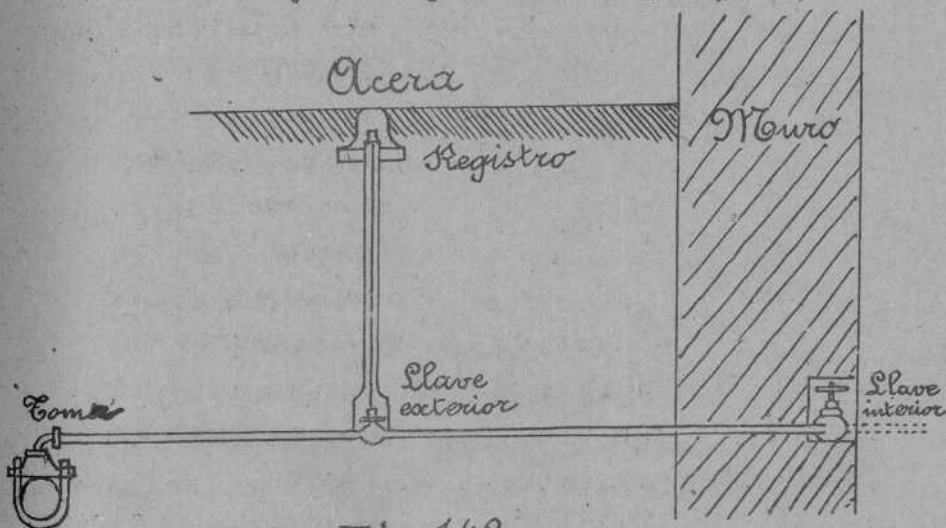


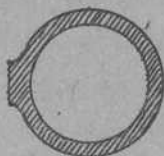
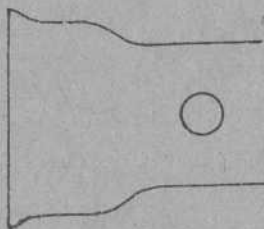
Fig. 148

Ambas llaves son necesarias; la primera está destinada al servicio de la Administración y la del interior la necesita el abonado o inquilino, para cortar el agua cuando haya que hacer reparaciones en la tubería de la casa, en la que es conveniente disponer

una llave de desagüe, en el punto más bajo.

Cuando el suministro es por contador, se debe colocar éste entre ambas llaves, interior y exterior.

Para aminorar el peligro de que los tubos se rompan al hacer el taladro, se exige algunas veces a las casas constructoras, que los tubos tengan un refuerzo o disco saliente, en el que se ejecuta el taladro para hacer la derivación, figura 149; este procedimiento tiene



el inconveniente que hay que guardar atención en la colocación de los tubos con el fin de que el disco

Fig. 149.

co quede siempre en la parte superior.

Se ha sustituido el disco por una banda saliente a lo largo de una generatriz, con la cual subsiste el inconveniente citado, que desaparece empleando como refuerzo una banda en forma de anillo, figura 150, con

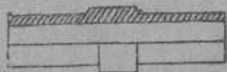


Fig. 150.

la cual se puede hacer un taladro en el refuerzo, cualquiera que sea la posición del tubo.

Al taladro se le da el diámetro que convenga y se ejecuta mediante

el uso de un trépano. El empalme se hace por el intermedio de una pieza de bronce, figura 151, compuesta de dos partes, una que

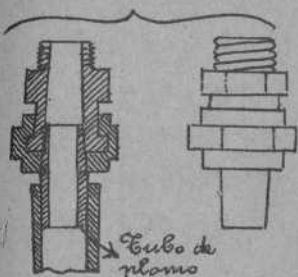


Fig. 151

entra a rosca en la tuerca preparada en el taladro por medio de una terraja y otra que entra en la anterior, también a tornillo, a la cual se empalma el tubo de plomo por soldadura.

Quando el tubo de la cañería principal no lleva refuerzo, no pudiéndose labrar la rosca, se emplea, figura 152, una abrazadera móvil de hierro, que

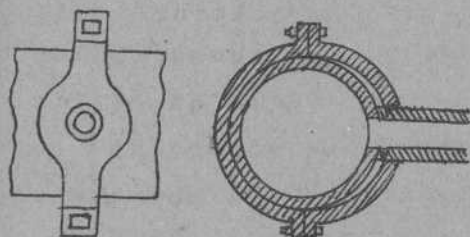


Fig. 152

puede tener también la forma de la figura 148 y se fija al tubo en el lugar del taladro, que debe corresponderse

con el de la abrazadera. El extremo del tubo de plomo, se introduce en la abrazadera, se abocarda, se rebate después y por último se aprietan los tornillos.

Todo esto exige que el tubo esté vacío, por consiguiente, cuando se vaya hacer una toma, hay que aislar el trozo de la dis-

tribución que sea necesario, por medio de las llaves intercaladas con este objeto.

Existen aparatos por medio de los cuales se puede hacer la toma sin descargar la cañería. Uno de estos aparatos es el representado en la figura 153, y consiste en lo

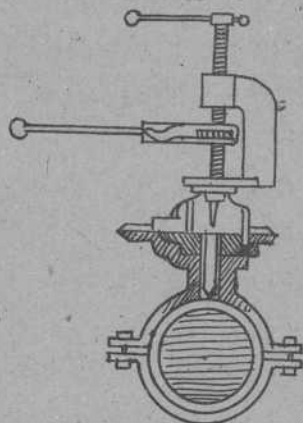


Fig. 153

siguiente: Sobre un collar de abrazadera análogo al descrito en la figura 152, se coloca una llave sobre la que se monta el util de taladrar. El trépano atraviesa a la vez la llave y el collar y cuando el agua sale, se quita el util, se cierra la llave y por último se hace con ésta directamente el empalme.

Cuando las tuberías van por galería, la llave para uso de la Empresa se dispone en ella, con lo cual se evita el registro que había que instalar en la calle, pero cuando van en zanjas, se hace la toma a tubo vacío, que es el mejor procedimiento, por medio de la pieza de bronce y en la acera de la calle se pone el registro de que se ha hecho mención.

Los tubos de plomo se unen entre sí,

bien por soldadura en caliente o en frío. En el primer caso, se hace como queda indicado en la figura 154, dando a los tubos un corte

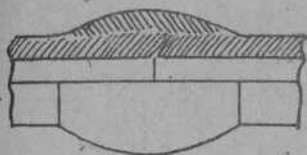


Fig. 154

oblicuo, de modo que encajen bien sin estrechar la sección y encima se dispone la soldadura; esto se refiere al caso de ser de

pequeño diámetro. Cuando el diámetro es mayor, se unen en frío, figura 155, por medio

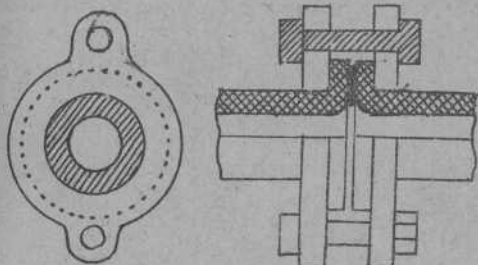


Fig. 155

de bridas, cada una de las cuales se introduce en el extremo de los tubos que se van a engalnar; con un cono y un mazo de madera se

abocinan las bocas, se rebaten los rebordes de plomo sobre la brida y juntando ambos collares, después de interponer una rodaja de cuero o betún de fontanero, se aprietan los tornillos.

La distribución en el interior de las casas se debe hacer de modo que los tubos caminen por el lado más corto, para disminuir las pérdidas de carga y el número de kilogramos de plomo, y se debe tener cuidado

de colocarlos al abrigo de las heladas, porque si se dejan sentir sus efectos, los tubos revientan, ocasionando el agua desperfectos que hay que evitar, para lo cual no deben ir por fuera de las fachadas, a no ser que se rodeen de cuerpos malos conductores. Se puede evitar los efectos del hielo, dejando correr el agua en los días en que aquellos sean de temer, puesto que el agua en movimiento no se hiela, pero entonces se gasta agua en balde, lo que representa un grave inconveniente. Se puede, también, vaciar la cañería de noche, para lo cual se cierra la llave de entrada del agua y se abre la de desagüe, que según digimos debe existir en el punto más bajo de la casa, pero esto tiene el inconveniente de que los inquilinos se quedan sin agua, que pueden necesitar para casos inesperados.

Cuando los tubos de plomo van exteriormente, se sujetan a los muros por medio de alcayatas de hierro. Respecto a los diámetros no se calculan sino que se suponen dependientemente del número de grifos que han de servir, ateniéndose al siguiente cuadro:

el ideal para el consumidor y sin embargo va desapareciendo, por tener el grave inconveniente de que se desperdicia mucha agua, puesto que el abonado no tiene ningún interés en restringir el consumo, así como también le son indiferentes los escapes o pérdidas interiores, resultando con todos estos desperdicios, que no hay abastecimiento que baste, por espléndida que sea la dotación tenida en cuenta en el cálculo de la red.

Este exceso de agua no aprovechado influye extraordinariamente en la carga de la cañería, hasta el extremo de que puede suceder, y el caso se ha dado, de que el agua no llegue a todos los pisos, a pesar de que la conducción lleva agua sobrada.

En Rochester, EE. UU. se hizo el abastecimiento con una dotación abundante que se suministraba a caño libre y resultó que poco a poco, conforme aumentaba la población se iba haciendo el abastecimiento insuficiente, por lo que el Municipio se vió obligado a realizar una ampliación; los Ingenieros que hicieron los estudios propusieron, como más conveniente, el empleo de contadores y efectivamente el abastecimiento mejoró hasta el extremo de que la población tuvo agua sobrada para todos los servicios.

Se ha tratado de limitar el derroche en el suministro a caño libre por distintos sistemas. Uno de ellos consiste en disponer grifos automáticos de muelle, que solo dan agua cuando se les manobra a mano; estos aparatos prestan buenos servicios, pero, sin embargo, no evita los derroches de agua si el abonado tiene gusto en dejar correr el agua constantemente. Otro sistema se reduce a poner en la pila del grifo un desagüe pequeño para que aquélla se llene pronto y obligue a cerrar la llave, pero esto tiene muchos inconvenientes, como el de dejar descuidadamente que se inunde el piso, por rebosar la pila, etc.

Se podría también remediar algún tanto el derroche del agua, no poniendo pilas debajo del grifo, pero esto resulta molesto, además de que pueden disponerse tubos de goma para derrochar el agua donde convenga.

Un sistema muy ingenioso es el de los grifos intermitentes, figura 156, uno de los cuales consiste en un émbolo obturador que ajusta a frotamiento suave con un cuerpo cilíndrico que lleva la llave. Para dar paso al agua, se gira la muletilla que va en la parte superior y por medio del mecanismo de tuerca y tornillo sube el cuerpo cilíndrico

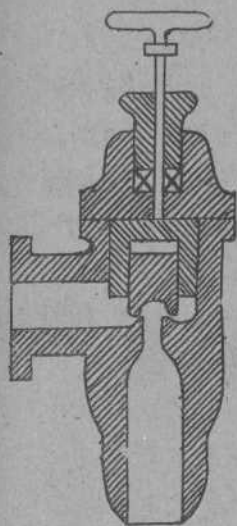


Fig. 156

arrastrando al émbolo, éste cae lentamente y llega un momento en que obtura el orificio de salida y para abrirlo nuevamente hay que descender el cuerpo cilíndrico que agarrará el émbolo como se ha dicho anteriormente y repitiéndose de este modo la maniobra las veces necesarias.

En este principio están fundados muchos sistemas de grifos.

Resulta de cuanto llevamos expuesto, que la distribución a caño libre debe desaparecer, pudiéndose emplear únicamente en poblaciones pequeñas, en las que sobre el agua y los diámetros de las cañerías están calculados con mucha amplitud.

LLAVES DE AFORO. Consisten en una llave provista de un diafragma con un orificio que da un caudal determinado. Con estas llaves la alimentación es constante y el consumo variable, lo cual exige poner en las casas de los abonados depósitos reguladores, de los cuales arrancan las cañerías de distribución interior. Este es un inconveniente,

que no es pequeño, pues ocupan sitio en la parte superior de la casa; se pierde la presión de la cañería y no se dispone más que de la debida a la altura del depósito; el agua está detenida y se puede calentar o estropearse, y los sedimentos que deja exigen una limpieza frecuente del recipiente; además el agua puede faltar por causa de un consumo extraordinario, pues los depósitos se calculan solamente para las variaciones de un día de máximo consumo. Otro inconveniente de este sistema, es que el agujero del diafragma está calculado para una presión determinada y como hay variaciones de presión en la cañería, el caudal que da la llave de aforo no puede ser constante.

Otro inconveniente resulta el tener que disponer filtros delante de las llaves de aforo y un grano de arena que se desprenda puede obstruir el agujero. Además, a medida que pasa el tiempo, el agujero se agranda por desgaste, variando el caudal que penetra en las casa.

Otro inconveniente es el de que puede llenarse el depósito y para que el agua no proporcione desperfectos, hay que poner aliviaderos o válvulas automáticas que impidan el paso del agua y entonces o se derro-

cha el agua o se paga más de lo que se gasta.

Con las llaves de aforo, para calcular las cañerías principales no hay que tener en cuenta el consumo máximo, sino el consumo medio, resultando ser menores sus diámetros. Las demás cañerías secundarias de la distribución se calculan lo mismo que cuando el suministro se hace teniendo en cuenta las variaciones de consumo; no obstante, no se puede seguir este sistema de suministro ventajosamente, por los inconvenientes dichos, que tienen las llaves de aforo. Únicamente en casos especiales, se adopta para el servicio doméstico y también para industrias que tienen grandes depósitos.

El filtro que debe preceder a la llave de aforo, se puede reemplazar por una lámina agujerada que detiene los cuerpos pequeños que el agua lleva en suspensión, figura 157. Como es necesario visitar la llave, hay que disponer dos llaves ordinarias una a cada lado, con objeto de poder aislar cómodamente la de aforo y proceder a su requisa y limpieza.



Fig. 157

Hay sistemas de llaves montadas sobre una pieza de bronce con bridas, figura 158, y las tres cabezas, que son

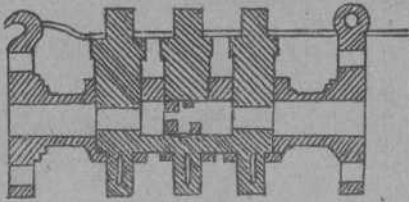


Fig. 158

de cuadradillo, se cogen con una chapa de hierro, que se precinta a fin de evitar fraudes a la Administración. El agujerito puede abrirse en el cuerpo del cono de la llave, pero esto tiene el inconveniente, de que si se agranda por el rozamiento continuo del agua, hay que cambiar el macho de la llave, lo cual se evita haciendo el agujero en una chapa que se mete en una cavidad abierta por el macho.

CONTADORES. Son los aparatos que más se han generalizado y bien puede decirse que actualmente es el único sistema empleado. El contador mide la cantidad de agua que se gasta sin ofrecer obstáculo a su movimiento y sin imponer ninguna limitación; es el mejor de todos los procedimientos empleados para reducir los inconvenientes de la alimentación constante.

El agua no se puede dar gratuitamente, pues es muy lógico que se pague la comodidad de disponer en casa de grifos con el agua corriente y sin tasa.

Es de los tres sistemas el más racional, pues con el caño libre es muy difícil

encontrar una tarifa justa, con el de llaves de aforo, suele pagarse más de lo que se gasta y en cambio con este sistema, la Administración no percibe más valor que la del agua que proporciona.

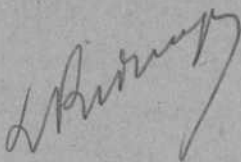
Hay distintos sistemas de contadores que se reducen a tres tipos: contadores de velocidad, de volumen y mixtos.

Los contadores son, en esencia, un pequeño motor hidráulico accionado por el agua misma cuyo paso se trata de registrar. Este motor puede ser una turbina, llamándose entonces contador de velocidad, o un émbolo, en cuyo caso se llama contador de volumen; por la combinación de ambos sistemas se tienen los contadores mixtos.

En cada caso el motor acciona el aparato indicador del número de vueltas de la turbina o el de emboladas en los de volumen.

--:--:--:--:--:--:--:--:--:--

XX



TIPOS DE CONTADORES. Los contadores de agua podemos resumirlos en dos grupos: de baja y de alta presión, mejor dicho, que funcionen sin presión o con ella. Los segundos se clasifican a su vez en contadores de volumen, mixtos y de velocidad.

Hay otros contadores, como el Venturi, que no se aplican a los servicios de distribución en las casas, sino que se emplean en cañerías de gran diámetro.

Los contadores de baja presión, se llaman así porque en ellos pierde el agua la presión, cayendo libremente en un depósito; por esta razón se tienen que disponer en la parte más alta de las edificaciones, siendo muy molestos para verificar las lecturas y aunque son muy exactos y sencillos no se emplean actualmente.

CONTADORES DE VOLUMEN. Pueden tener

uno o varios émbolos cuyo movimiento dirige un órgano de distribución. La distribución pone cada una de las partes de los cilindros alternativamente en comunicación con la toma de la conducción y la canalización interior de la edificación. En cada ciclo completo pasa un volumen constante a través del aparato, siendo entonces suficiente registrar el número de emboladas, para medir el volumen consumido. Un mecanismo de engranajes transforma las indicaciones en litros, hectólitros, metros cúbicos.

Prácticamente el error de estos aparatos no pasa de un 5 % y muchas veces es nulo.

Uno de los contadores de este tipo es el "Frager", figura 159; tiene dos cilindros verticales C y C' en cuyo interior se alojan dos émbolos P y P'; en la parte superior hay una pieza D que presenta dos caras verticales que llevan los orificios de la distribución, sobre las cuales se apoyan, pudiendo deslizar, las correderas T y T' montadas en las varillas de los émbolos. Una envolvente lleva el mecanismo de relojería y las bocas de entrada E y salida S del agua.

El funcionamiento es el siguiente: el agua entra en el contador atravesando

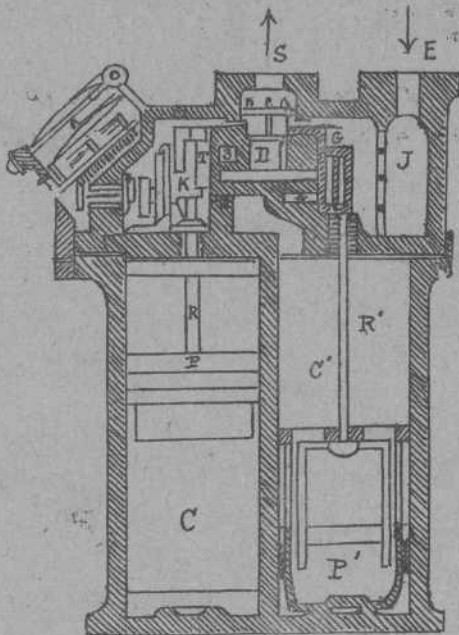


Fig. 159

una parrilla o tela metálica J y se esparce alrededor de la pieza de distribución D de donde pasa a los cilindros escapándose después por S. El espejo G presenta siempre uno de sus orificios descubiertos, el 2, por ejemplo, que da paso al agua por

encima del émbolo P, mientras que por 4 la parte inferior está en comunicación con la salida por la concha del distribuidor; entonces P desciende y al llegar al extremo de su carrera, el travesaño superior encuentra el tope de la varilla R, que arrastrando al distribuidor T, le hace descubrir el orificio 3 y cerrar o cubrir el 1. El orificio 1, comunica con la parte superior de P' y el 3 abre la parte inferior a la conducción general. El émbolo P sube arrastrando al llegar al extremo de su carrera al distribuidor T que

abre la comunicación 4 y cierra la 2.

La presión que mantiene a P en el extremo inferior de su carrera, es así, invertida, el émbolo P sube invirtiéndose de la misma manera al final de su movimiento la presión que retenía al otro émbolo, que desciende al mismo tiempo colocando T en la posición inicial. El movimiento continúa así indefinidamente, repitiéndose las fases que acabamos de indicar.

Como el agua no es compresible, no hay avance para la admisión y el escape, por lo que, al final de la carrera del émbolo, el cambio de marcha de éste ha de hacerse de golpe.

Otro sistema de contadores fundados en el mismo principio, es el "Samain" análogo en su funcionamiento al anterior y con los cilindros dispuestos horizontalmente.

CONTADORES DE DISCO. Consisten en un disco plano o cónico móvil alrededor de una rótula central que oscila en una cavidad esférica del mismo diámetro. El movimiento del disco en esta cavidad es análogo al de una peonza en el momento en que va a detenerse y rueda alrededor de su centro sobre el plano de apoyo.

El aparato está, por otra parte, dis-

puesto de manera que el desplazamiento de cada punto del disco tenga lugar en un plano vertical; para esto el disco lleva una hendidura en la cual encaja un tabique que ocupa un semiplano vertical que separa el orificio de entrada con el de salida. Cada rotación del disco hace pasar un volumen igual al de la capacidad esférica.

Las indicaciones de estos contadores difieren de las exactas en un uno al seis por ciento y funcionan con regularidad bajo pérdidas de carga de 0,10 a 0,15 m.

Estos aparatos, conocidos en América con el nombre de contadores Thomson, han sufrido muchas modificaciones que no afectan en sí al principio fundamental y se diferencian en algunos detalles de fabricación. Uno de ellos es el "Trident" que es fuerte y sencillo a causa del pequeño número de órganos de que se compone; sus principales partes son: la caja del disco, figura 160, la minutería, la relojería y la envoltura. Todas sus piezas son de un metal inalterable al agua y el disco es de ebonita. Por medio de una disposición sencilla, todas las arenas y gravillas que pueden arrastrar las aguas, se depositan en una cavidad sin que su acumulación perjudique al funcionamiento del aparato.

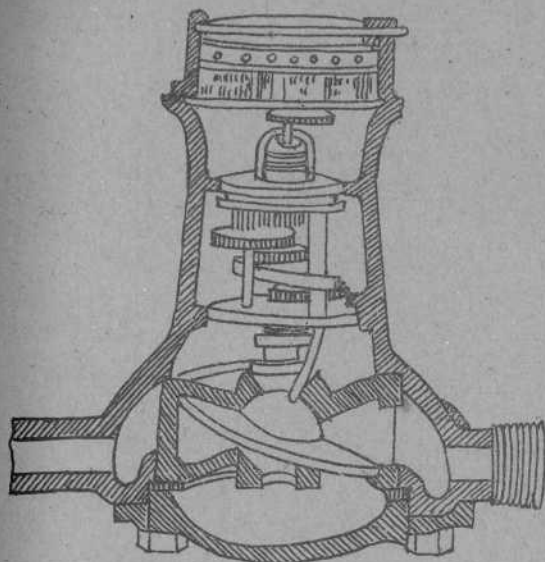


Fig. 160

Otros aparatos derivados del contador Thomson, los tenemos en las marcas Eygnen, Lafayette, Etoile Etoile D. P., Eclair, Keystone, Calwaert y otros.

CONTADORES DE TURBINA O DE HÉLICE. Estos

son contadores de velocidad, que miden únicamente la velocidad del agua que pasa a través de ellos. Si la velocidad fuese exactamente registrada y los caudales permaneciesen constantes, estos aparatos serían perfectos.

Un contador de turbina está constituido por un árbol provisto de alas, dispuesto para que pueda girar en el interior de una cámara que comunica a la vez con la toma y con la distribución particular. El agua penetra en la cámara en forma de chorros horizontales o inclinados, por un cierto número de orificios de pequeñas dimensiones, ablier-

tos en la parte inferior de la envolvente, en la cual toma el agua una velocidad relativamente grande, en el momento en que el gasto sea apreciable. La fuerza viva de estos chorros, actuando como presión dinámica sobre las aletas, es la que comunica el movimiento de rotación.

Los orificios de salida, están igualmente distribuidos en la envolvente, generalmente en la parte superior, en cuyo caso, el movimiento ascendente del agua, desarrolla una componente vertical, cuyo efecto es reducir la presión ejercida por la turbina sobre el pivote inferior. El árbol de la turbina termina en un piñón que comunica su movimiento a un tren de ruedas dentadas, las que a su vez lo transmiten a la minutería que registra el número de vueltas de la turbina y por consiguiente el volumen de agua que ha pasado por el aparato.

Los modelos de contadores de turbina son muy numerosos, siendo los primitivos de origen inglés. Todos se fundan en el mismo principio y no difieren más que en la manera de admitir el agua o en el número, forma y material de las aletas, o de la minutería, etc.

El contador Siemens es uno de los más

antiguos, muy empleado en Inglaterra y ha sufrido diversas transformaciones, hasta llegar a la forma moderna, conocida con el nombre de contador de agua "Turbina T. E.", figura 161, cuyo funcionamiento es el siguiente:

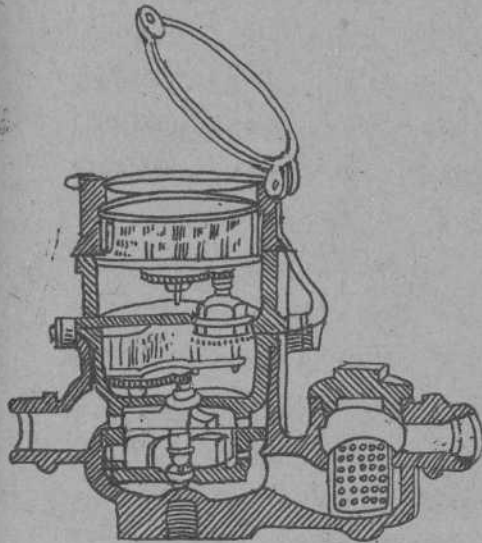


Fig. 161

te: el agua al entrar en el aparato, pasa a través de un filtro en el que se quedan las impurezas que pudieran llevar en suspensión; después pasa alrededor de la caja que contiene la turbina, y por una serie de agujeros en ella practicados, penetra

en forma de chorros, que chocan contra las aletas. Esta parte es de ebonita, montada sobre un eje de níquel, que se apoya sobre una piedra dura, formando pivote.

Otras marcas de contadores muy conocidas son las siguientes: Siemens y Halske; los de la Compañía General de Conducción de Ing.^a sanitaria 54

agua de Lieja (Bélgica), citando por su nombre el contador llamado "El Español"; el D. E. P. Wassermesser y otros.

MEDIDA DE LOS GRANDES VOLÚMENES DE AGUA. Para medir los grandes volúmenes de agua en las poblaciones y en las fábricas se puede recurrir a una batería de contadores, figura 162, montados en cantidad, pero esta disposición, además de ser muy complicada, tiene inconvenientes prácticos que restringen considerablemente su empleo.

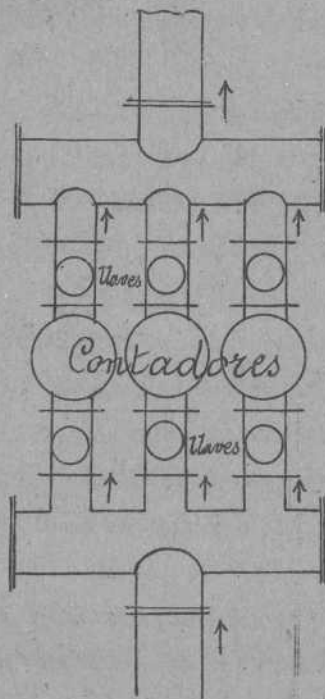


Fig. 162

Un tipo especial de contador desprovisto de maquinaria, muy usado en Inglaterra y los Estados Unidos, es el contador Venturi (Figura 123).

COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE CONTADORES. Los contadores de volumen tienen el inconveniente de que su mecanismo es muy complicado y son los más expuestos a desarreglos. Son los más exactos, pues no dejan pa-

sar el agua sin que previamente haya sido medida, y en cuanto a su duración es variable, según el tipo y el estado de conservación, que es forzosa en estos aparatos, y dada su complicación, resultan difíciles de desarmar.

El movimiento de los émbolos exige un consumo de trabajo que se traduce en una pérdida de carga mucho mayor que la que tiene lugar en los contadores de velocidad y de disco. Son los de mayor volumen y peso a igualdad del diámetro del tubo. Durante su funcionamiento producen un gran ruido y a la vez son los más caros.

La superioridad de los contadores de disco, está en su sencillez y sobre todo en el precio de compra, que viene a ser un 25 % más económico que el contador de émbolo del mismo calibre; son más sensibles y exactos que los contadores de velocidad, principalmente cuando se trata de caudales pequeños. Se les reprocha por ser instrumentos frágiles a causa de la pequeña resistencia del disco y también porque con aguas turbias se desarreglan fácilmente, produciéndose el acodalamiento que puede ser causa de la rotura del disco bajo los efectos de los golpes de ariete de la cañería, por interposición de los granos de arena en el espacio anular com-

prendido entre el borde del disco y la envolvente de la caja.

Se le reprocha también, porque pierden pronto su sensibilidad a consecuencia de del desgaste del pivote y de la esfera, que experimenta un frotamiento proporcional al número de vueltas o giros. Por efecto de este desgaste que se produce a la larga, el centro del disco no coincide exactamente con el de la caja, el contacto del disco y los dos conos a lo largo de una generatriz, resulta entonces imperfecto, por lo que los filetes de agua pueden pasar de los compartimentos de entrada a los de salida, sin accionar el disco, en cuyo caso ha desaparecido la impermeabilidad que debe existir entre ambas partes.

Por último, se les reprocha también, porque cuando están algunos días sin funcionar, pueden producir cantidades notables tóxicas, por la reacción del azufre contenido en la ebonita sobre el cobre de los otros órganos del aparato.

Estos aparatos bien conservados, tienen exactitud comparable a los de volumen, se arman y desarman con facilidad y pueden prestar mejor servicio que los de volumen en las distribuciones de poca presión. Ocupan

poco volumen, no hacen casi ruido y su precio es comparable a los de velocidad.

Los contadores de turbina son también de construcción sencilla y no son tan exactos como los anteriores; en cambio ofrecen ventajas que compensan a esos inconvenientes y son muy usados. La pérdida de carga que ocasionan es insignificante. Cuando varía poco el caudal o la carga de la distribución, son bastante exactos. La inercia de estos aparatos es bastante grande, por lo que su sensibilidad es mediana y se prestan a fraudes para gastos pequeños. Aunque se desarreglan con facilidad, son de conservación económica, producen poco ruido, son los más ligeros, los más baratos y ocupan muy poco sitio.

El siguiente cuadro nos da un estado comparativo de los sistemas en lo que se refiere a compra y conservación:

Contadores	Diámetro de los orificios	Precio de compra	Precio anual de conserv.
Volumen	20 mm.	150 ptas	10 ptas
Mixtos	20 mm.	100 ptas	8 ptas
Velocidad	20 mm.	50 ptas	6 ptas

Resulta, pues, que los contadores más caros son los de volumen y los más baratos los de velocidad y aún cuando los primeros

sean más exactos, por el coste y las particularidades ya referidas, son preferibles los de velocidad.

Como ya dijimos, el objeto principal del contador debe ser evitar el derroche del agua, importando poco que los errores lleguen a un 10 %, siempre que sea en beneficio del abonado.

Los contadores pueden instalarse por la Administración o por el abonado; a la primera le conviene adoptar un tipo y una tarifa de alquileres.

Para juzgar de la bondad de los contadores, hay que someterlos a pruebas y ensayos.

Hay que hacer pruebas de exactitud en los Laboratorios dispuestos al efecto, con presiones variables, en los que hay una instalación que consiste en disponer varias bocas, a las que se adaptan los diferentes tipos, que están alimentadas por una tubería provista de un reductor de presión, que permite hacer las pruebas desde la presión mínima hasta la práctica del servicio; el agua se recoge en un recipiente en el que se mide por la cabida o por el peso en básculas especiales.

No basta con hacer las pruebas de los

aparatos en un solo ensayo, sino que también han de hacerse pruebas de duración, en tiempos variables de 2, 4 o 6 meses, para ver si en este intervalo no se altera la precisión de los aparatos.

Hay que determinar, también, el caudal mínimo del contador, pues ya sabemos que registran muy mal caudales pequeños los contadores de velocidad, que son permeables, pues si la rueda se clava, no es obstáculo para que el agua siga pasando y se necesita un cierto caudal para vencer su inercia; determinado este caudal mínimo, se ve si está comprendido entre límites admisibles para evitar fraudes por parte de los abonados,

Se deben comprobar, al mismo tiempo, la pérdida de carga, la impermeabilidad de los ajustes del aparato y su resistencia a los golpes de ariete que puedan tener lugar en la cañería; esta resistencia se obtiene sometiendo el contador a presiones de 10 atmósferas.

Elegido el contador, hay que instalarle de modo que quede en la posición que deba tener, es decir, en sitio accesible, resguardado del calor y del frío. Con este fin se le introduce en una caja y debe estar situado entre las dos llaves de paso, la de la

Administración y la del abonado. Debe haber una disposición para poder hacer pruebas sin desmontarlo, disposición que consiste en poner una derivación entre el contador y la llave de paso del interior de la edificación. Cuando un abonado da cuenta a la Administración de que el contador no funciona bien, marchan los empleados a comprobar el aparato, para lo cual cierran la citada llave de paso, dando salida al agua por la derivación, recogiénola y midiéndola en vasijas o cubos y comparando con las indicaciones del aparato, no debiendo existir diferencias mayores de un 8 o 10 %.

EXPLOTACION Y REGLAMENTACION DE LOS ABASTECIMIENTOS. Al hacer un Proyecto de abastecimiento, hay que regular las relaciones entre los abonados y la Administración y fijar las tarifas.

Para confeccionar un Reglamento, se precisa estudiar los Reglamentos ya establecidos en los abastecimientos de otras poblaciones y debe tratar de los puntos o artículos siguientes:

I. Sistemas de suministro, en los que se especificará como se ha de servir el agua a los abonados.

II. Modo de hacer las peticiones de

agua y a quien han de dirigirse los abonados,

III. Se consignará que el agua se concede para determinados usos y aplicaciones.

IV. Prohibición de la reventa de agua por el abonado.

V. Que la concesión se haga al propietario de la finca y no al inquilino, que de convenir saber el gasto de cada uno, aquél se encargará de instalar los aparatos de medida.

VI. Se fijará, también, lo que ha de hacerse cuando la finca cambie de dueño, indicando si la concesión pasa al otro propietario o si éste la tiene que pedir de nuevo.

VII. Duración del contrato, indicando el número de meses, trimestres, semestres o años y si al expirar el contrato no piden la rescisión ni el abonado ni la Empresa, se entiende como prorrogado por nuevo plazo.

Los contratos comienzan en 1.º de Enero y se debe avisar con antelación de 15 o 20 días cuando se quiera dejar de estar abonado para que corten el agua en el tiempo correspondiente.

VIII. Casos de rescisión del contrato.

IX. Se debe prever el caso de una interrupción en el servicio, por fuerza mayor, (averías, etc.), y en tal caso el abonado no

tendrá derecho a indemnización.

X. Obras de toma. Estas no debe hacerlas el propietario, aún cuando sea el encargado de pagarlas, sino el personal de la Administración y debe consignarse el precio de la instalación. Las obras interiores las puede hacer el propietario bajo la inspección de la Administración.

XI. Se debe fijar el tipo de contador que debe someterse a prueba para cerciorarse de su calidad.

XII. Deben fijarse prescripciones respecto a la colocación del contador.

XIII. Tarifas sobre el pago del agua; acerca de este particular, se debe procurar que no sea el servicio de abastecimiento objeto de explotación, teniendo en cuenta que no es el agua lo que debe pagarse, sino la comodidad de tenerla dentro de casa.

Esta es la causa del por qué el precio ha de ser lo más barato posible, precio que depende del gasto que origina la traída de aguas, de la conservación de obras y el sostenimiento del personal, sumado al interés racional que ha de darse al capital empleado.

Cuando el suministro sea a caño libre es más difícil fijar la tarifa, para lo que se suele tener en cuenta el número de grifos

reunidos y el pago de alquiler de la vivienda.

XIV. Hay que especificar la manera de hacer las reclamaciones.

XV. Cuando el abonado falte al Reglamento, el castigo es el corte del agua.

---:---:---:---:---:---:---:---:---

depósito regulador, se van ramificando en otras de menor diámetro hasta llegar a los puntos de utilización, aquí se realiza el proceso inverso, es decir, que los canalillos de pequeño diámetro se van reuniendo o agrupando para constituir los canales principales de desagüe.

Entre las aguas que hay que eliminar tenemos en primer lugar, las que podemos llamar aguas negras procedentes de los retretes, lavabos, fregaderos, baños, aguas residuales de la vivienda, etc., comprendiéndose en esta clase, también, las de los maderos, tenerías, casas de baño y las procedentes de otras industrias. En segundo lugar hay que expeler las aguas pluviales que caen en el casco de la población, dándolas salida de alguna forma, conduciéndolas por canales, que hay que calcular, teniendo como dato obligado el caudal.

CANTIDAD DE AGUAS. El caudal de las aguas negras se determina por el de abastecimiento, pues la mayor parte del agua que trae la conducción, después de su empleo, tiene que ir a la alcantarilla, excepción hecha de la que se evapora; hace falta, pues, conocer el caudal de abastecimiento y puede presentarse el caso de que no exista un

abastecimiento general, por haber abastecimientos particulares servidos por pozos; en tal caso hay que recurrir al artificio de constituir hipótesis,

Para calcular el consumo de una población, ya digamos su dotación con arreglo al número de habitantes. Como el consumo no es uniforme, la evacuación tampoco lo será, por lo cual habrá que tener en cuenta las variaciones de ésta, que naturalmente seguirá la misma ley, aunque con algo de retraso, por consiguiente, habrá que tomar los mismos coeficientes para determinar las variaciones de la evacuación y del consumo.

Tenemos, pues, que tener en cuenta para los cálculos el caudal máximo horario, que se obtiene, aproximadamente, dividiendo por 10 el medio diario y dividiendo luego por el producto 60×60 se tiene el caudal por segundo.

Análogamente a lo que se hizo para el cálculo de las cañerías de abastecimiento, hay que determinar las áreas de los terrenos, que tienen que verter las aguas a la alcantarilla, por lo tanto, necesitamos además conocer la densidad de población, y asignando un número de litros por habitante y día, deduciremos el caudal correspondiente a cada

trozo de calle.

En poblaciones antiguas se suele tomar 4000 habitantes por hectárea y en las modernas y grandes 300 habitantes, 200 en las pequeñas y 100 en las poblaciones diseminadas; claro está, que con las estadísticas del censo de la población y midiendo áreas se puede deducir la densidad de la población, más como hemos de contar con un aumento notable en el número de habitantes, hay que asignar una densidad determinada, a los barrios que están por construir (200 a 300 habitantes por Ha.).

Para tener en cuenta el caudal de aguas sucias procedentes de las industrias, se puede determinar el de las ya establecidas, y para prever el de las industrias que están por establecerse, se puede estudiar la tendencia al desarrollo industrial en cada barrio y se fija el caudal que corresponde a cada zona, que puede ser el doble del que se fija por los otros conceptos.

Estas aguas no han de conducir elementos que ataquen a los materiales de que se forman las alcantarillas, como ocurre, cuando son ácidas, por lo cual no se deben arrojar o verter en la alcantarilla hasta después de haberla neutralizado en la misma fá-

brica.

El caudal de aguas pluviales es mucho mayor que el anterior y bastante más difícil de determinar, porque no llueve con regularidad ni en el tiempo ni en la intensidad; además el agua que cae, no corre toda por el terreno, sino que una parte se evapora para volver a la atmósfera, otra se pierde por filtración y el resto corre por la superficie para verter en la alcantarilla.

A nosotros nos interesa conocer, para determinar los caudales, el agua que corre y va a parar a los canales de desagüe.

Resulta, pues, preciso determinar para cada calle el coeficiente de escorrentía dado por la relación

$$\alpha = \frac{\text{agua que corre}}{\text{agua que cae}}$$

que es variable y tiene los valores medios que siguen:

0,80 a 0,85 para poblaciones compactas de gran densidad con terreno impermeable.

0,60 a 0,70 en poblaciones nuevas con calles anchas.

0,40 en poblaciones abiertas, con casas diseminadas situadas entre jardines y grandes plazas.

0,10 a 0,20 en parques y jardines abundantes en césped.

Todavía hay que tener en cuenta otra consideración: toda el agua que cae en una superficie no llega simultáneamente a la alcantarilla, pues ocurre algo análogo a lo que tiene lugar en las crecidas de los arroyos, por consiguiente, hay que tener en cuenta el retraso con que el agua llega a un punto determinado de la alcantarilla.

Si Q_a es el caudal que cae por segundo de lluvia correspondiente a una Ha de terreno, el caudal Q que llega a la alcantarilla está dado por la fórmula

$$Q = \alpha \times \beta \times Q_a$$

en la que α es el coeficiente de escorrentía y β otro coeficiente llamado de retraso.

α depende de la intensidad de lluvia, del estado del suelo y de la permeabilidad del pavimento, adquiriendo mayores valores para los tejados y asfaltos, que para el empedrado, jardines, etc.

Vamos a ver cómo se determina β ; este coeficiente es muy variable; en poblaciones pequeñas se debe tomar igual a la unidad, cosa que no se puede hacer en poblaciones grandes.

Supongamos, para darnos idea de la
Ing.^a sanitaria 56

manera de variar β , una superficie rectangular, figura 163, que vierte sus aguas en la



Fig. 163

calle A B, en la que las líneas de puntos indican la dirección que sigue el agua hasta llegar a la alcantarilla; dividamos A B en un cierto número de partes iguales, y por los puntos de división, tracemos rectas inclinadas a 45° , de modo que la superficie total quede dividida en otras más pequeñas. Cuando llueve, el agua comienza a correr hacia la alcantarilla y si nos fijamos en una sección cualquiera de ésta, la definida por el punto a, pasará por ésta en primer lugar la que cae en los puntos más próximos, después la que cae en los puntos inmediatos y así sucesivamente, resultando en definitiva que al cabo de un cierto tiempo t, habrá pasado por dicha sección todo el caudal proporcionado por el área rayada; durante el tiempo 2 t pasará por a el caudal aportado por las dos áreas próximas; durante el tiempo 3 t, el caudal será el que corresponde a la zona anterior más el área siguiente, etc. Todo esto supone que la duración de la llu-

via sea igual o superior a $\frac{S}{t}$ y que no exista retraso, esto es, que el coeficiente β sea igual a la unidad o que el agua que cae sobre el terreno tarde en llegar a la sección a el tiempo de duración de la lluvia. Bien se comprende que cuando la superficie sea muy extensa, no se podrá asignar a β el valor uno, sino que le habremos de dar diversos valores que dependen de la extensión de esa superficie y de la duración del aguacero, pudiéndose representar por la relación

$$\beta = \frac{s}{S}$$

en la que s representa la superficie que se evacua por el punto considerado, durante el tiempo de duración del aguacero, y S la superficie total que se considera hasta la sección a del canal de desagüe.

Si la duración de la lluvia es solamente t en el caso de la distribución de áreas hecha en la figura 163, si al terminar de llover, ha pasado por a el caudal correspondiente al área rayada, en ese instante empezará a pasar el que proceda del área inmediata hasta el instante 2 t en que comienza a llegar el de la siguiente, y así sucesivamente, figura 164.

Para una duración t del aguacero, el

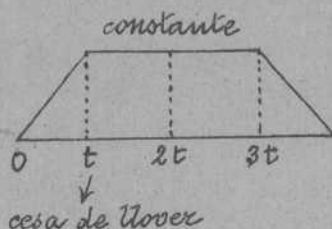


Fig. 164

coeficiente de retraso será la relación del área rayada al área total. Esto para el punto a.

Para la misma duración de la lluvia, el coeficiente β irá aumentando a partir de a hasta llegar a la zona más alta en la que β será igual a la unidad.

Para una sección dada, hay, pues, que tener en cuenta, diversos coeficientes de retraso, cuyos valores no se pueden determinar como se ha hecho con el coeficiente de escorrentía, porque dependen de la duración de la lluvia. Si la intensidad de la lluvia o del aguacero fuese constante en el tiempo t, sería fácil calcular β , pero se ha observado que es tanto menor cuanto mayor es la duración del aguacero.

Lo que nos interesa conocer es, más que la altura pluviométrica, el tiempo que ha tardado en caer, para poder determinar así el caudal, que es lo que necesitamos. Esto lo dan los pluviógrafos, que como todos los registradores, indican la intensidad gráficamente sobre una hoja de papel que lleva dos ejes coordenados, uno para la duración

y otro para las alturas (en milímetros) de lluvia.

Con las indicaciones del pluviógrafo, se puede deducir la intensidad de la lluvia en milímetros por hora, o sea la altura de agua que correspondería a una hora para intensidad constante del aguacero; así, por ejemplo, si en 20 minutos que duró el aguacero, la altura que da el aparato es 4 mm., multiplicando por 3 se tendrá la intensidad de 12 mm. por hora y podremos dibujar el punto cuya abscisa es 20 minutos y cuya ordenada es 12 milímetros por hora. Repitiendo esta sencilla operación para cada duración de lluvia, señalaremos una serie de puntos, como está hecho en la lámina II que nos definen los aguaceros, algunos de los cuales son extraordinarios, presentándose solamente cada 20 o 30 años, y se observa lo que ya digimos, que la intensidad de lluvia disminuye con la duración. Trazando una curva envolvente que no comprenda los aguaceros extraordinarios, podremos deducir una fórmula empírica, siendo la de nuestro cuadro gráfico

$$x^2 y^5 = 4 \times 10''$$

Los aguaceros extraordinarios, no se tienen en cuenta, porque resultarían para las alcantarillas dimensiones muy grandes.

canales de desagüe y como varían los coeficientes de retraso.

Consideremos, figura 165, un colector

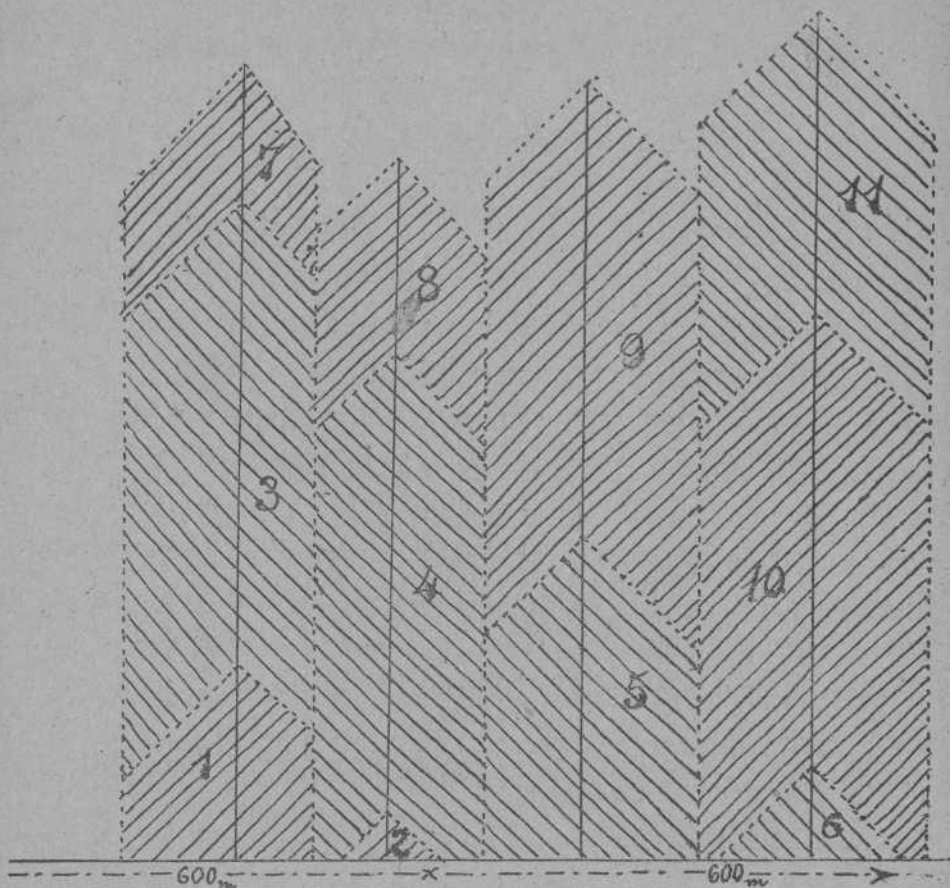


Fig. 165

al que van a parar cuatro alcantarillas; hagamos la división de las áreas, como se hizo en el cálculo de la distribución, a fin de señalar las zonas cuyas aguas vierten en

cada una de ellas y vamos a calcular los caudales en el punto A. Ya sabemos que la velocidad del agua en los canales no debe separarse mucho de 1 metro por segundo, para que su acción destructora no sea excesiva, por esta causa supondremos $v = 1$; supondremos también, que la variación de los aguaceros varía de 10 en 10 minutos. Con estos datos es fácil deducir la escala para señalar las áreas que vierten sus aguas en 10 minutos, puesto que siendo 600 segundos el tiempo considerado y con la velocidad de 1 metro por segundo, el espacio recorrido por el agua será de 600 metros; esta longitud la llevaremos las veces que se pueda a partir del punto A sobre los ejes de las alcantarillas para dibujar las áreas rayadas en la figura y poder distinguir aquéllas cuyas aguas pasan en un mismo periodo de tiempo por A; hecho esto, calcularemos las superficies que habremos de multiplicar por el correspondiente coeficiente de escurrentía y formaremos el siguiente cuadro:

Parcelas	Hectáreas	Coefficien te de es- correntía - α -	Áreas reducidas
1	4.625	0.8	3,7000
2	0.250	"	0,2000
3	15.000	"	12,0000
4	13.130	"	10,5040
5	9.125	"	7,3000
6	1.000	"	0,8000
7	3.750	"	3,0000
8	5.630	"	4,5040
9	16.5000	"	13,2000
10	17.750	"	14,2000
11	12.000	"	9,6000
Superf: total	98.760		79,0080

Se supone constante el coeficiente de escorrentía para toda la superficie.

Con los datos del cuadro anterior, haremos el siguiente, teniendo a la vista la figura 165:

Dura ción de la Ilu- via Minu- tos	Superficies reducidas que se evacuan al cabo de minutos						Cau- da- les l:s ² -β- l:s	Coefi- cien- te de retra- so -β-	Cau- dal efec- tivo l:s	
	10	20	30	40	50	60				70
10	3,900	30,604	34,904	9,600				6716	0,44	2967
20	3,900	34,504	65,508	44,504	9,600			5373	0,82	4406
30	3,900	34,504	69,408	75,108	44,504	9,60		4266	0,95	4056
40	3,900	34,504	69,408	79,008	75,108	44,504	9,600	3792	1,00	3792

Los números que se encuentran en la casilla "Caudales", se obtienen multiplicando la superficie total reducida por las intensidades correspondientes a la duración de la lluvia; los caudales que aparecen en la última casilla se obtienen multiplicando las áreas máximas, que son las subrayadas en el cuadro, correspondientes a cada duración de lluvia, por la intensidad correspondiente.

Dividiendo estos caudales por los anteriores, se obtienen los coeficientes de retraso.

Para calcular la sección del colector en el punto A, se toma el mayor de los caudales efectivos, que en nuestro caso tiene lugar para una duración de lluvia de 20 minutos, con un coeficiente de retraso igual a 0,82, o sea:

Superficie total intensidad de 20 min. $\times \alpha \times \beta$
 $98,76 \times 68 \times 0,82 \times 0,8 = 4406 \text{ l: seg.}$

Al punto A no le corresponde todo el caudal de lluvia que cae en la zona, más que en el caso en que la duración de lluvia sea igual o superior a 70 minutos.

Este procedimiento es sumamente laborioso y algunos autores proporcionan fórmulas empíricas, teniendo en cuenta las pendientes de la población, pero los resultados de-

XX

- X L I X -

Se puede obtener una aproximación en el cálculo a que se refieren los cuadros numéricos anteriores, por medio de gráficos, que se obtienen, lámina III, llevando como ordenadas las áreas reducidas, es decir, las efectivas multiplicadas por el coeficiente de escorrentía, y como abscisas los tiempos de 10 en 10 minutos; así se dibujan las superficies que en cada instante están evacuando en el punto A, que vienen representadas por la suma de las ordenadas de los trozos de rectas que se han determinado, según hemos dicho. Estos trozos de recta se pueden componer dando lugar a la transformación en una curva continua que nos da los mismos valores, según se ha indicado en la figura y nos va a servir como línea de referencia, para deducir la superficie que en cada instante está evacuando.

Si dibujamos esta misma curva para duraciones de 10, 20, 30,..... minutos, tendremos curvas semejantes a la anterior, distanciadas cada dos consecutivas, según el eje de abscisas la longitud corresponde a 10 minutos; obtenemos así una serie de ciclos cerrados, limitados por la curva de referencia dicha, las horizontales superior e inferior y cada una de las curvas correspondientes a 10, 20, 30 y 40 minutos.

Las diferencias de ordenadas en cada ciclo nos da la superficie que en cada instante está evacuado, para la correspondiente duración de lluvia y la máxima es la que debemos tomar para cálculo de la sección en A.

Hallaremos todos los máximos y de ellos se escojerá el mayor.

Como puede observarse, mediante la ejecución de este gráfico, se obtiene una mayor exactitud en la determinación de valores y de él se pueden deducir, también, los valores que se quieran del coeficiente de retraso, para tenerlos en cuenta en las alcantarillas de gran longitud.

Las alcantarillas siguen aproximadamente la pendiente de la calle y para que la velocidad no exceda de los límites señalados, cuando la pendiente es excesiva, se forman

escalonamientos, y cuando la pendiente es pequeña, según se va avanzando en el sentido de la pendiente, se profundiza el suelo de la alcantarilla.

Con esto ya sabemos determinar el caudal de aguas negras y pluviales. A veces hay que dar salida también a aguas subterráneas: es decir, hay que sanear el terreno; pero estas aguas no se recogen en las alcantarillas, sino en tubos por debajo de ellas.

ALCANTARILLADO: CÁLCULO DE LAS SECCIONES. Conocido el caudal, para determinar la sección no hay más que aplicar la fórmula de Kutter o la de Bazin, que nos sirvió para el cálculo de los canales.

Cuando las alcantarillas son de sección circular, se pueden utilizar las fórmulas aplicadas para el cálculo de los tubos o el ábaco, sin más diferencia de que aquí no hay presión.

La fórmula de Kutter es:

$$v = \frac{100 \sqrt{R}}{c + \sqrt{R}} \sqrt{R \times I}$$

en la que c varía con la naturaleza de las paredes, siendo igual a 0,35 para las paredes medianamente lisas, que es el valor que tenemos que adoptar, puesto que resulta conveniente revestir las alcantarillas.

Esta fórmula, para los cálculos, va unida a la de caudal

$$Q = A.v$$

que resuelven el problema con la indeterminación originada por el radio hidráulico, que desaparece desde el momento que fijamos la forma de la sección, poniendo ésta y el contorno bañado en función de un parámetro.

Las formas que se suelen adoptar son la circular y la oval, y en tal caso, poniendo el área y el radio hidráulico en función del radio de la bóveda, las dos ecuaciones anteriores, encierran cuatro variables que nos permiten deducir dos de ellas en función de las otras dos, que habremos de fijar, dando lugar a la resolución de seis problemas diferentes de los cuales solo uno se presenta corrientemente en la práctica, por ser datos obligados el caudal Q y la pendiente I .

Hagamos aplicación a la sección circular, que es la más sencilla; a boca llena

$$\varphi = 360^\circ \quad R = \frac{r}{2} \quad \text{y sustituyendo en la fórmula}$$

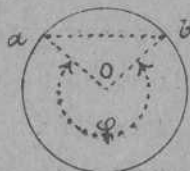
de Kutter se obtiene una ecuación de sexto grado, que aunque se puede calcular gráficamente, con relativa facilidad, el problema resulta muy laborioso y el proyecto de un alcantarillado se prolongaría casi indefi-

nidamente, y por esto, lo que se hace es fijar la forma de la sección y tener calculadas a boca llena unas tablas o trabajar con el ábaco, por medio del cual, conociendo la pendiente y el caudal, queda determinado el diámetro y la velocidad.

A continuación se hace el cálculo para las secciones circular y oval, en el caso general de no pasar el líquido a boca llena.

SECCIÓN CIRCULAR. Figura 166.

Area=sector φ +triángulo aob



$$A = \frac{1}{2} \frac{2\pi\varphi}{360} r^2 + \frac{1}{2} r \cdot r \cdot \text{sen}\varphi = \frac{r}{2} \left[\frac{\pi\varphi}{180} + \text{sen}\varphi \right]$$

el contorno bañado es:

$$C = \frac{\pi\varphi}{180} \times r$$

Fig. 166

el radio hidráulico será:

$$R = \frac{A}{C} = \frac{\pi\varphi + 180 \text{ sen}\varphi}{2\pi\varphi} \times r$$

En las fórmulas

$$v = k \sqrt{R I} \quad \text{,,} \quad Q = A \cdot k \sqrt{R I}$$

se pueden poner los valores de \underline{R} y \underline{A} y hallando las derivadas con relación a φ e igualando a cero, se obtendrán los valores de φ correspondientes a la velocidad máxima y el caudal máximo.

Estos valores se consignan en el siguiente cuadro:

φ	Area A metros cuadra- dos	Contorno C metros	Radio hi- dráulico $R = \frac{A}{C}$ metros	Observa- ciones
180	1,571 r ²	3,142 r	0,500 r	medio llena
257°30'	2,735 r ²	4,493 r	0,609 r	velo. ^d máxima
308°	3,082 r ²	5,379 r	0,573 r	caudal máx. ^o
360°	3,142 r ²	6,283 r	0,500 r	llena

Las dos ecuaciones anteriores, sirven para cualquier altura de agua en la forma circular, pero ya en la forma oval el problema resulta más complicado y lo que se hace es determinar los valores de R correspondientes a varias alturas de agua.

SECCION OVAL. Figura 167 (forma corrientemente usada).

El área hasta los arranques es
2 (sector qbf - triángulo qso) + sector sgf

Ahora bien, como

$$\text{sector qbf} = 9 r^2 \frac{\pi \beta}{360}$$

$$\text{triángulo qso} = \frac{1}{2} qo \times os = \frac{1}{2} 2 r \cdot \frac{3}{2} r = \frac{3}{2} r^2$$

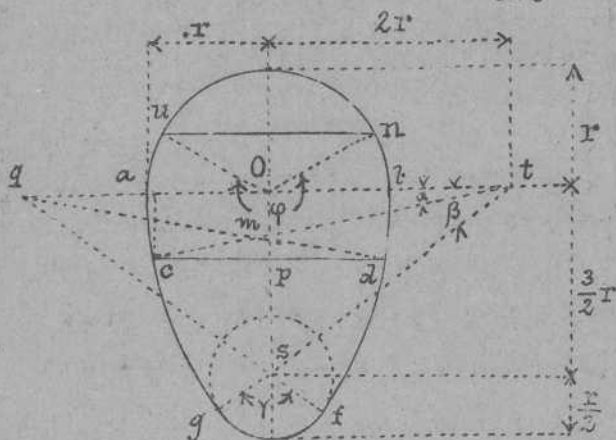
$$\text{sector sgf} = \frac{r^2}{4} \pi \frac{\gamma}{360} = \frac{\pi r^2 \gamma}{4 \times 360}$$

se obtiene substituyendo valores:

$$\text{Area } A = 2 \left(\frac{9}{360} r^2 - \frac{3}{2} r^2 \right) + \frac{\pi r^2 \gamma}{4 \times 360} = r^2 \left(\frac{\pi \beta}{20} - \frac{3}{4} + \frac{\pi \gamma}{360} \right)$$

Contorno bañado

$$C = 2.2.3 r \frac{\pi \beta}{360} + r \frac{\pi \gamma}{360}$$



pero como

$$\cos = \tan \beta = \frac{3}{4}$$

y el ángulo $\gamma = 180^\circ - 2\beta$ resulta

$$\beta = 36^\circ 52' 11''$$

$$\gamma = 106^\circ 15' 38''$$

y poniendo estos valores

en las igual-

Fig. 167

dades de A y C se obtiene

$$A = 3,02 r^2$$

$$C = 4,79 r$$

Si el nivel de agua está por debajo de los arranques, habrá que restar del valor de A que se acaba de hallar, el área a c d b y del de C los arcos a c y b d.

Area acdb = 2 sector tac - triáng. qmt + triáng. cmd

$$\text{sector } tac = \frac{1}{2} 3r \cdot 2\pi \cdot 3r \frac{\alpha}{360} = 9 r^2 \frac{\pi \alpha}{360}$$

$$\text{triángulo } qm\tau = \frac{1}{2} 4, r. o m = 4 r^2 \operatorname{tg} \alpha$$

$$\text{triáng. } cmd = cp \times pm = \frac{pm^2}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{(ce - om)^2}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{(3r. \operatorname{sen} \alpha - 2r. \operatorname{tg} \alpha)^2}{\operatorname{tg} \alpha}$$

$$\text{Area } acdb = 3 r^2 \left[\frac{\pi}{60} \alpha + \frac{3}{2} \operatorname{sen} 2 \alpha - 4 \operatorname{sen} \alpha \right]$$

Al contorno bañado hay que restar $2ac$

$$2ac = 2 \cdot 2 \cdot 3 r \frac{\alpha}{360} = \frac{\pi \alpha}{30} \gamma$$

$$A' = 3,02 r^2 - 3 r^2 \left[\frac{\pi}{60} \alpha + \frac{3}{2} \operatorname{sen} 2 \alpha - 4 \operatorname{sen} \alpha \right]$$

$$C' = 4,79 r - \frac{\pi \alpha}{30} \gamma$$

Si el nivel del agua está por encima de los arranques, habrá que añadir a A el área u a b n y a C los arcos u a y u b.

$$\text{Area } uabn = \text{sector } \varphi - \frac{1}{2} \pi r^2 + \text{triángulo } uon$$

$$uabn = \frac{\gamma^2}{2} \left[\frac{\pi \varphi}{180} - \pi - \operatorname{sen} \varphi \right]$$

$$2 ua = r \left(\frac{\pi \varphi}{180} - \pi \right)$$

$$A'' = 3,02 r^2 + \frac{r^2}{2} \left[\frac{\pi \varphi}{180} - \pi - \operatorname{sen} \varphi \right]$$

$$C'' = 4,79 r + r \left(\frac{\pi \varphi}{180} - \pi \right)$$

Para la sección llena el ángulo φ es de 360° y por tanto:

$$A'' = 3,02 r^2 + \frac{r^2}{2} \left(\frac{\pi \cdot 360}{180} - \pi \right) = r^2 \left(3,02 + \frac{\pi}{2} \right) = 4,59 r^2$$

$$C''' = 4,79 r + r \left(\frac{\pi \cdot 360}{180} - \pi \right) = r(4,79 + \pi) = 7,93 r$$

Con los valores de A y de C se puede determinar el radio hidráulico R correspondiente a una altura de agua determinada, para aplicar las fórmulas al cálculo de dos de los elementos

Q " r " v " i

dados los otros dos.

Análogamente a lo que se ha dicho para la sección circular, se puede determinar los valores de ϕ para la y máxima y Q máximo. En el siguiente cuadro se consignan esos valores.

ϕ	Area A metros cuadrados	Contorno C metros	Radio hidráulico $R = \frac{A}{C}$ metros	Observaciones
180°	3,029 r ²	4,788 r	0,631 r	Agua hasta los arranques
284½°	4,086 r ²	5,984 r	0,683 r	Velocidad máxima
297½°	4,493 r ²	6,841 r	0,657 r	Caudal máximo
360	4,594 r ²	7,930 r	0,579 r	Llena

XX

- L -

FORMAS DE LAS ALCANTARILLAS. Para dibujar la forma oval se emplean diversas construcciones, siendo lo corriente que sea una curva de cuatro centros; uno situado en el cruce del eje de simetría con la línea de los arranques; dos situados en esta última línea, simétricamente colocados respecto del anterior y el cuarto se toma sobre el eje de simetría.

El primer centro es el de la bóveda semicircular o en cañón que cubre la alcantarilla. Con el último centro se describe el arco circular del fondo y estas dos circunferencias se enlazan por otras dos de acuerdo, sirviéndose de los otros dos centros situados en la línea de los arranques.

La forma oval clásica está definida en la figura 168; esta sección debe emplearse porque el caudal de aguas negras es muy

pequeño, en un instante dado, con relación al de las aguas pluviales y conviene adoptar

una sección hidráulica que reúna buenas condiciones para la circulación de los caudales mínimo y máximo que ha de llevar.

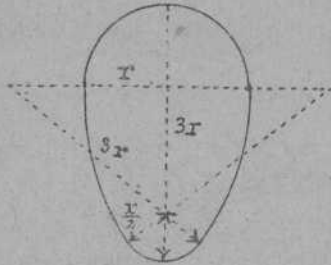


Fig. 168

Si suponemos una población con una densidad de 300 habitantes por hectárea y una dotación de 200 litros por habitante y día, el caudal de aguas negras por segundo vale aproximadamente

$$\frac{300 \times 200}{10 \times 60 \times 60} = \frac{5}{3} = 1,7 \text{ litros}$$

y considerando en la misma población, el caso más desfavorable de una duración de aguacero de 10 minutos, la intensidad de lluvia es de 85 litros por hectárea por segundo.

Se necesita, pues, una alcantarilla tal que pueda llevar, el caudal correspondiente a 86,7 litros por hectárea y segundo, cuando llueva y cuando no 1,7 litros.

Con la forma oval la sección se estrecha en la parte inferior y el caudal de aguas negras puede tomar la velocidad necesaria para que no se produzcan depósitos.

Otras formas de sección oval vienen determinadas en las figuras 169 y 170; en la

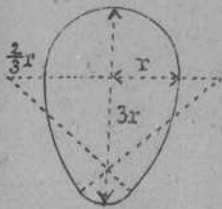


Fig. 169

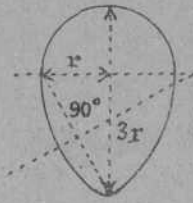


Fig. 170

última el radio de la circunferencia inferior es nulo y se puede modificar esta forma de modo que el ángulo de

las tangentes en el punto inferior, tome diferentes valores, según la importancia del caudal de aguas negras.

A medida que aumenta la importancia de la alcantarilla, disminuyen las irregularidades del caudal y el mínimo va siendo mayor, pudiéndose entonces adoptar la forma circular o elíptica, en la que la relación de altura al ancho, es la misma anteriormente dicha.

Cuando la alcantarilla alcanza grandes dimensiones, la forma oval tiene el inconveniente de resultar excesivamente alta, y entonces conviene adoptar formas más anchas

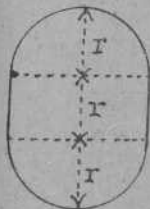


Fig. 171

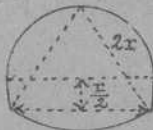


Fig. 172

que las anteriores: la forma pseudo-elíptica definida en la figura 171 o la de la figura 172, cuando se necesita una sección de poca

altura, cuya bóveda circular se puede reemplazar por otra parabólica o modificar el fondo, como se indica en la figura 173, de

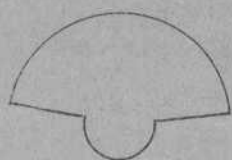


Fig. 173

modo que en la cuneta central quepa el pequeño caudal de aguas negras y los planos posean la inclinación debida, teniendo en cuenta que el objeto de esta forma es atender a las variaciones del caudal determinado, con una altura pequeña. Estas son las formas corrientemente empleadas, que, como hemos visto, tienen su razón de ser y el Ingeniero podrá idear otras muchas encaminadas a salvar las dificultades que puedan surgir.

Para los aliviaderos de crecida, se emplea otra sección, figura 174, muy conveniente, por ser bastante achata

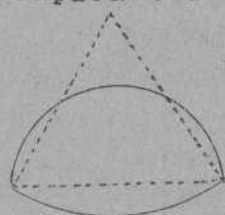


Fig. 174

tada y no quedar por debajo de las crecidas del río.

Para el cálculo de todas estas secciones, ya hemos indicado que existen tablas que permiten efectuarlo con gran rapidez, tablas que se deducen con la sección a boca llena. Podrían hacerse para las secciones que dan el mismo caudal, que, como sabemos, queda por debajo del correspondiente a boca llena,

pero no es necesario, porque el caudal no puede determinarse con exactitud rigurosa.

Puede darse el caso de que se precise determinar la altura de agua en la alcantarilla y para esto sirven las curvas de las velocidades y de los caudales dibujadas en las figuras 175 y 176 para las secciones circular y oval.

En estos gráficos el diámetro de la sección se representa por la mitad e igualmente se representan por 1, el caudal y la velocidad a boca llena. Así, por ejemplo, en la sección circular, a una altura de 0,4 del diámetro corresponden 0,32 del caudal a boca llena y 0,87 de la velocidad a boca llena. En la alcantarilla oval una velocidad que sea 0,6 de la velocidad a boca llena, corresponde a una altura de agua de 0,2 de la altura total y un caudal de 0,07 del caudal a boca llena.

Con estos gráficos podemos resolver varios problemas: por ejemplo, averiguar el caudal y la velocidad del agua cuando la altura de ésta tiene un valor determinado, para lo cual es suficiente trazar la horizontal correspondiente y medir sobre el eje horizontal las abscisas de los puntos en que cortan a las curvas, teniendo en cuenta las escalas respectivas, para lo cual tenemos

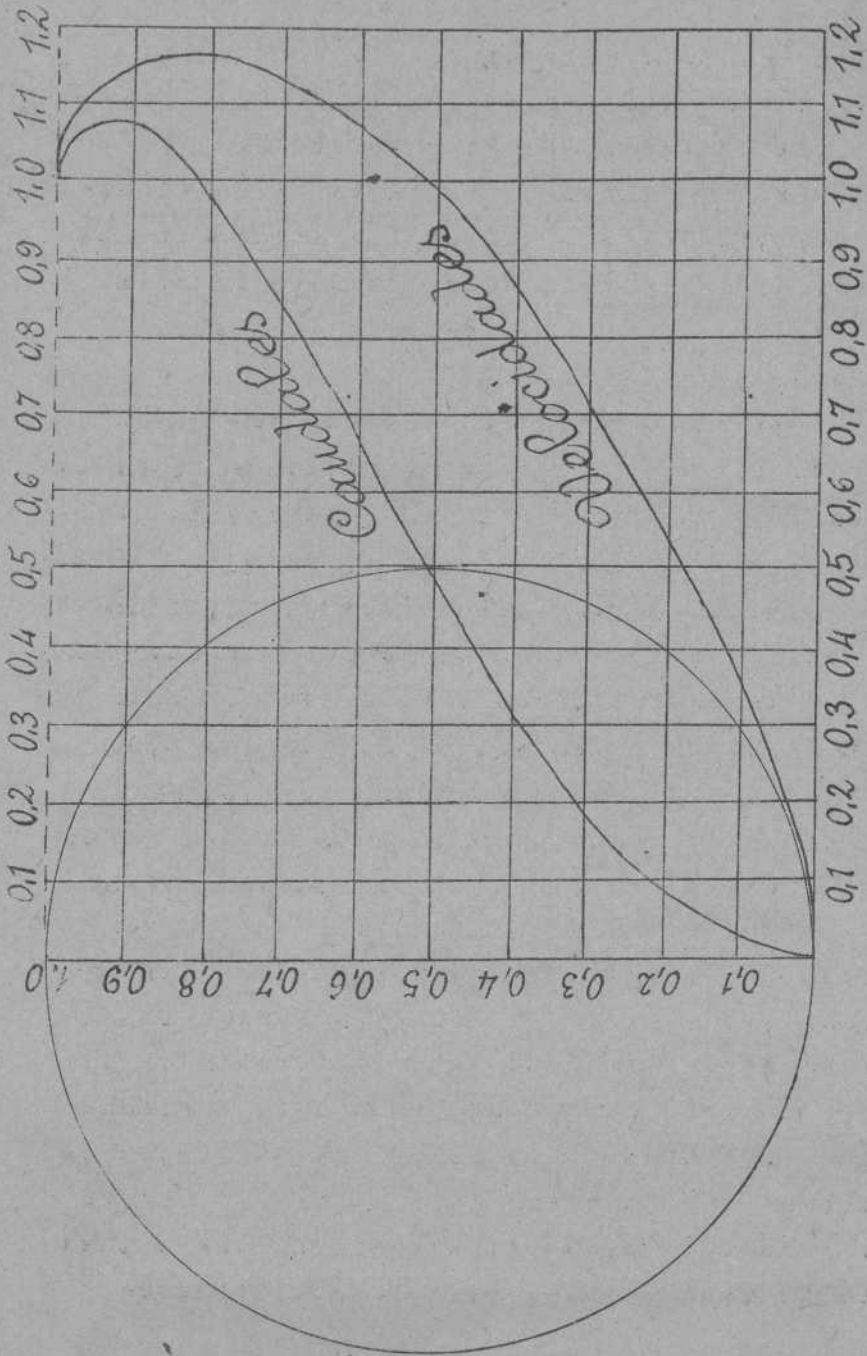
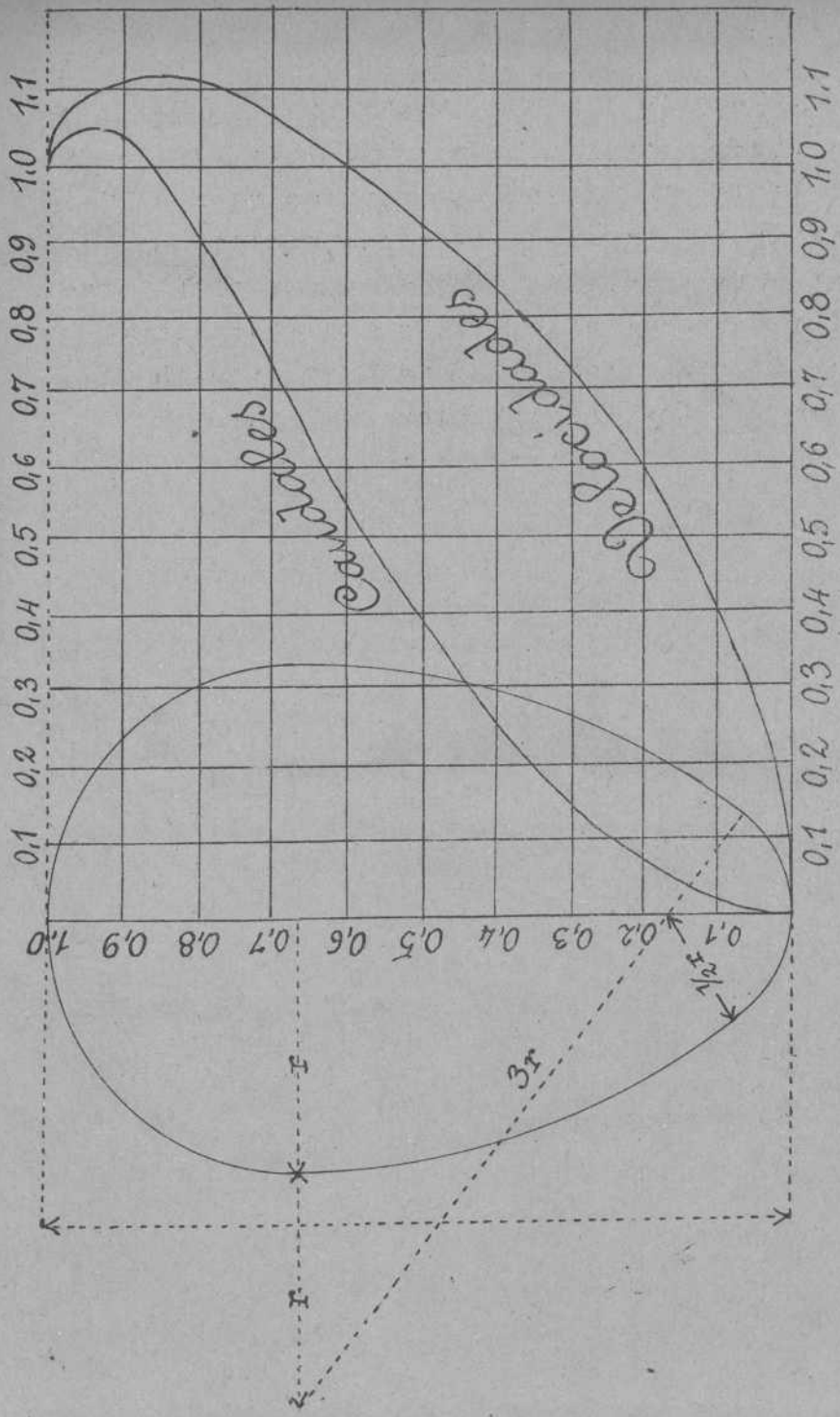


Fig. 175



des lluvias, lo cual permite disminuir la sección de los colectores y por consiguiente el coste de las obras. Estos aliviaderos son, figura 177, vertederos cuyo ancho hay



Fig. 177

que calcular por medio de las fórmulas de hidráulica que contienen un coeficiente variable entre límites muy extensos, según lo demuestran

multitud de experimentos realizados. Dando a este coeficiente un valor particular, se obtiene la fórmula reducida

$$b = \frac{Q}{2 h \sqrt{h}}$$

en la que b es el ancho del vertedero y h la altura de la lámina vertiente.

Así, si Q es el caudal en litros por segundo, que trae la alcantarilla, este caudal está constituido por el caudal q_n de aguas negras y el q_r de aguas pluviales, de modo que se tiene:

$$Q_1 = q_n + q_r$$

El caudal que ha de continuar por el colector, se calcula teniendo en cuenta el grado de dilución que se admite para las aguas negras, que varía con la importancia del río en que van a verter, al que no se

puede echar nada más que cuando la diluición está comprendida entre 1 y 9; se suele adoptar como diluición media el número 5. Entonces el caudal Q_2 de aguas negras que debe seguir por el colector, para la depuración es

$$Q_2 = q_n + 5 q_r$$

y el caudal que debe verter por el aliviadero de crecida será, por consiguiente

$$Q = Q_1 - Q_2$$

Conocido este caudal, hay que determinar la altura h del vertedero para deducir el ancho, por medio de la fórmula correspondiente, y para esto no hay más que hacer uso de las curvas dibujadas ya anteriormente en las figuras 175 y 176, según la forma de la sección que se adopte para la alcantarilla. En estas curvas a cada uno de los caudales Q_1 y Q_2 corresponde una altura y por diferencia de éstas se obtiene la altura h que necesitamos. Puesto el aliviadero así calculado en el punto de confluencia de la alcantarilla con el colector, se puede reducir la sección de éste desde el referido punto hacia aguas abajo.

Si el vertedero está anegado, la fórmula que hay que aplicar, figura 178, es la siguiente:

$$b = \frac{Q}{2 h \sqrt{h - h}}$$

También se puede presentar el caso de tener que construir canales descubiertos, ya para conducir las aguas de loa aliviaderos de crecida o ya para el emisario que ha de llevar el agua a los campos de depuración y ya hemos visto que la forma del perfil de menos

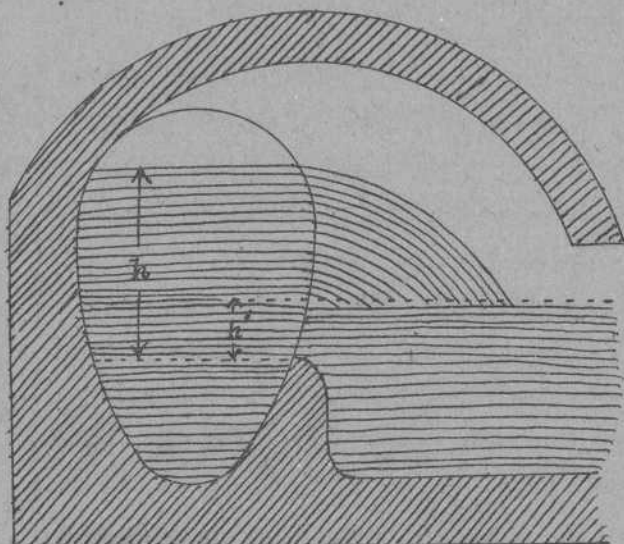


Fig. 178

resistencia hidráulica es la trapezoidal circunscrita a una semicircunferencia, para la cual se verifica, figura 179, que el radio medio es igual a $\frac{h}{2}$. De to-

dos los trapecios circunscritos el que da la menor resistencia es el que corresponde al exágono regular.

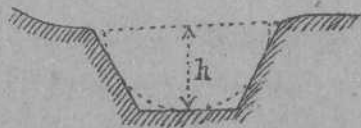


Fig. 179

Si el canal se abre en terreno natural, se

deja al descubierto y habrá que dar a los taludes la pendiente correspondiente a la naturaleza de las tierras; la construcción del trapecio se hace de la manera siguiente, figura 180: con un radio igual al semiancho

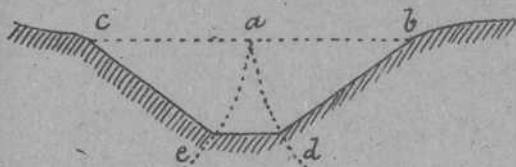


Fig. 180

trazan los arcos de círculo a d y a e, por los puntos b y c se trazan dos rec-

tas con el talud correspondiente al terreno y los puntos en que estas rectas cortan a los arcos, son los del fondo del canal que se obtendrá uniendo estos dos puntos.

Cuando hay temor de que varíe mucho el caudal que ha de conducir estos canales se puede redondear el fondo, figura 181, con objeto de que puedan correr las aguas, sin

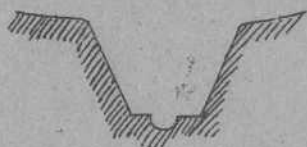


Fig. 181

que la velocidad baje de los límites que convienen para evitar la formación de depósitos, lo mismo cuando se trata de peque-

ños, como de los grandes caudales. Puede también presentarse el caso de tener que elevar las aguas sucias que hay que alejar de la población y como se trata de un sistema de conducción, se aplicarán las mismas considera-

ciones y la mismas fórmulas deducidas ya en otro lugar.

OTROS SISTEMAS DE EVACUACIÓN. Hay varios sistemas de saneamiento que se pueden dividir en dos grandes grupos denominados estáticos y dinámicos y también individuales o generales.

SISTEMAS ESTÁTICOS. Vamos a dar una idea general de estos sistemas de saneamiento, aún cuando no se debiera hablar de ellos, porque en la actualidad no debe admitirse otro sistema que el de alcantarillas.

El sistema primitivo que se sigue actualmente en las casas de campo y aglomeraciones de casas de poca importancia, consiste en almacenar las basuras en el corral, situado fuera de la edificación, formando en él grandes montones al aire libre que se abandonan a la fermentación. En el corral suele, también, estar el retrete, en el caso de que exista, y esos montones o estercoleros se utilizan para la agricultura.

El procedimiento no puede ser más antihigiénico y desde el momento en que las aglomeraciones urbanas han ido adquiriendo importancia se ha recurrido a otros procedimientos de saneamiento más perfectos, como el de cubetas móviles o el sistema de pozos

negros.

Las cubetas o tinetas son unos recipientes metálicos, de capacidad no muy grande, para que se puedan transportar con facilidad. Por medio de un cierre especial se unen a las tuberías de bajada de las aguas fecales y una vez llenas se sustituyen por otras y se llevan a vaciar en carros especiales a las afueras de la población, con lo cual se evitan los efectos de la fermentación cerca de las viviendas. Se comprende bien los muchos inconvenientes que tiene este sistema, uno de ellos muy grave, por oponerse al empleo de los retretes de descarga de agua, puesto que con ellos serían muy frecuentes las operaciones de poner y quitar cubetas.

Los pozos negros se reducen en esencia a un pozo abierto en el suelo, con revestimiento de fábrica, en el que se recogen las sustancias excrementicias y residuales, que se extraen cuando se llena, pues para evitar contaminaciones de las aguas subterráneas, las paredes del pozo han de ser impermeables. No obstante, la fermentación de esas materias contamina el aire y también el suelo, siendo operación repugnante y peligrosa la de la limpieza del pozo; se debe procurar

por todos los medios posibles obtener la impermeabilidad del pozo haciendo sus paredes de mampostería revestida con buenos morteros hidráulicos, pues cuanto mayor sea la impermeabilidad obtenida, tanto menor será el peligro de contaminación de los terrenos próximos. Con los pozos se pueden emplear los retretes inodoros, aún cuando para esto es preciso dar al pozo una gran cabida, con el grave inconveniente de que cuanto más aguas se gaste, más frecuentes han de ser las limpiezas, pues actualmente no se emplean ya los pozos absorbentes. El aspecto repugnante y las molestias que a los vecinos produce la limpieza de los pozos negros, se evita, en parte, mediante el empleo de bombas de agotamiento para cargar las cubas que han de transportar los residuos al campo de depuración.

Los pozos negros tienen muchos inconvenientes, pues por la putrefacción activa que tiene lugar en ellos, se producen gases mal olientes y hasta explosivos; las paredes se hacen permeables, por grietas producidas por asentos o por descomposición del mortero, contaminándose las capas freáticas que pueden alimentar a pozos de la misma población. En Madrid se ha visto que los pozos negros influían sobre las conducciones de aguas

antiguos, que se hacía por medio de tubos de barro, en los que el agua no iba a presión. Además, la existencia de un gran número de pozos negros en una población, exige un buen servicio de extracción y transporte que lleva consigo un sin número de inconvenientes.

POZO MOURAS. Uno de los sistemas de pozos negros muy conocido es el Mouras, que se dijo resolvía a satisfacción los inconvenientes de este sistema de saneamiento.

Vivía en una población francesa Mr. Mouras, en cuya casa tenía un pozo negro, y cansado de la frecuente limpieza se le ocurrió ponerle un aliviadero de superficie, que vertía en un pozo absorbente, con lo cual ya no tuvo necesidad de limpiar el pozo negro, por producirse en él fenómenos, entonces mal explicados, puesto que se desconocía la teoría microbiana, que son causa de la liquidificación de la materia orgánica, quedando únicamente en el fondo del pozo, vidrios y cascotes rotos, etc.

Se decía al principio, que el agua salía del pozo negro negro purificada y que por consecuencia, se podía arrojar a los ríos, más no es exacta tal purificación, sino que solamente se disuelve la materia orgánica. Provisto el pozo Mouras de un cierre hidráulico.

lico de un cierre hidráulico, por estar hecho el vertedero con sifones que hacen el desague automáticamente, el interior del pozo está comunicado con el aire exterior, por lo que en él tiene lugar una descomposición anaeróbica de la materia orgánica con desprendimiento de gases mal olientes, asfixiantes y hasta explosivos, quedando como residuo materia inorgánica líquida, con una cantidad incalculable de microbios.

Resulta difícil la construcción de pozos negros, pues a consecuencia de asiento del terreno, pueden formarse grietas en las paredes.

A pesar de todos sus inconvenientes, no hay más remedio que usarlos en algunas poblaciones, debiendo observarse siempre, como principio fundamental, para establecer un sistema de saneamiento, el siguiente: que las aguas sucias en el momento en que se produzcan, se han de alejar rápidamente de la población.

XX

- L I I -

SISTEMAS DINÁMICOS. De estos sistemas tenemos los neumáticos, de los cuales los más conocidos son el sistema Berliet y el Liernur, francés y dinamarqués, respectivamente, y además daremos algún detalle sobre el sistema Shone.

SISTEMA BERLIET. Consiste en establecer, en las calles, una canalización de hierro colado con juntas impermeables a las que van a parar las acometidas de las casas y que termina en un depósito en el que se hace, por medio de bombas aspirantes, el vacío necesario para determinar por aspiración el movimiento de las aguas sucias. En cada casa, al pie de los tubos de bajada de los retretes, había que disponer dos recipientes que se comunican entre sí; uno de ellos llamado receptor y el otro evacuador. El primero hace de pozo Mouras, por sufrir en él

las aguas sucias una primera putrefacción y su objeto es que no pasen materias sólidas al evacuador. Un flotador pone automáticamente en comunicación la canalización de la calle con la de la casa, cuando hay acumulación suficiente de aguas sucias, el evacuador se eleva hasta cierta altura abriéndose entonces la comunicación con la alcantarilla en la que se hace la aspiración, una rejilla móvil detiene los cuerpos sólidos que podrían obstruir los conductos. Se aplicó este sistema en París y el inventor esperaba sacar un beneficio que compensase los gastos de instalación y utilización, pero no llegó a conseguirlo debido a la complicación de su funcionamiento.

SISTEMA LIERNUR. Es también un sistema neumático y se empleó en Amsterdam, población muy llana, con calles-canales de muy poca pendiente, donde se vertían las aguas, descomponiéndose rápidamente y para evitar este inconveniente, se hizo aplicación del sistema Liernur, prohibiéndose en absoluto se arrojasen aguas sucias a la calle. Consiste el sistema en disponer una canalización en cada una de las calles a las que van a parar los tubos de desagüe de las casas, y como estos canales tenían poca pendiente,

se recurrió a la aspiración, para favorecer la circulación.

Para esto en cada barrio hay que disponer un depósito central al que van a parar todas las cañerías.

Las acometidas de las casas están directamente unidas a la alcantarilla, pero hay un cierre hidráulico, que evita la entrada de aire en la canalización, constituido por tres o cuatro sifones.

La maniobra de este sistema es muy complicada. En un depósito de distrito convergen tres o cuatro alcantarillas con sus llaves respectivas, el tubo que le pone en comunicación con el tubo central y otro tubo, para hacer el vacío con su llave correspondiente. Hecho el vacío relativo en el depósito se abre la llave de la alcantarilla número uno, se precipita el líquido, se cierra dicha llave y se pone este depósito en comunicación con el central; se vuelve a hacer el vacío y así se repite la operación para cada alcantarilla.

Se pensó, también, sacar de este sistema mucho provecho con la venta de los productos de la depuración y aún cuando se han hecho algunas aplicaciones prácticas no ha respondido ni aún para cubrir gastos.

SISTEMA SHONE. En éste se eleva automáticamente el agua, funcionando por medio del aire comprimido. Las alcantarillas van a parar a unos depósitos de distrito, que funcionan de la forma siguiente: el agua al entrar abre una válvula, se eleva en el depósito y al llenarlo abre la entrada al aire comprimido que obliga al agua a salir abriendo otra válvula y elevarse hasta otra alcantarilla superior por la cual corre en virtud de la pendiente.

Cuando baja el nivel del agua, hay otra campana invertida que baja por su peso al quedar llena de agua y cierra la entrada del aire comprimido y abre la comunicación con la atmósfera y así se repite la operación indefinidamente.

Siempre que se pueda, deben reunirse las aguas en un solo punto y de allí sacarlas por medio de bombas.

El sistema Shone tiene los inconvenientes inherentes a su condición de automático.

Estos sistemas son ya mejores que los estáticos, pero observamos que se necesita hacer uso de instalaciones complicadas y un cuidado minucioso, para que funcione en buenas condiciones; son de temer averías en las

máquinas, llaves, depósitos, etc., cosas que no deben existir en el alcantarillado. Es de creer que ninguno de estos sistemas volverán a tener aplicación, pues además de ser malos de por sí, ofrecen el grave inconveniente de que no se pueden aplicar a todas las aguas.

Existen además "sistemas separadores" que no hacemos más que mencionar como recuerdo histórico.

Hoy día solo se emplea el sistema de arrastre por el agua, que consiste en recoger las aguas negras y pluviales en canales cerrados, de forma conveniente, para que la velocidad no baje de cierto límite, con el fin de evitar estancamientos y depósitos.

Las aguas negras han de estar completamente diluidas, lo que se consigue hoy con el sistema de los inodoros. Antiguamente, para construir estos canales, se empleaba como nivel el mismo agua, vertiéndole sobre ellos conforme se iba construyendo y observando si corría con bastante velocidad. Actualmente se emplean las fórmulas de la hidráulica y se estudia todo de una manera bastante perfecta.

Para que funcione bien este sistema, es necesario que haya un buen abastecimiento de agua, y viceversa, para un buen abastecimiento, es preciso establecer una buena red

de evacuación.

Hay dos sistemas principales de alcantarillado; el sistema de alcantarillado único y el doble, que otros llaman unitario y separado, respectivamente, lo que quiere decir, que o bien se pueden conducir juntas las aguas negras y las pluviales o bien por canalizaciones separadas. En el segundo sistema, puede no existir una de las canalizaciones, haciendo la evacuación por el arroyo de las calles.

Sanitariamente considerados, los dos sistemas de evacuación son buenos, e Ingenieros hay que los han aplicado indistintamente y han dado razones en favor de uno y otro sistema. Se ha discutido mucho sobre este tema y puede decirse que ninguno de ellos adolece de ventajas decisivas sobre el otro; parece ser que el sistema que tiene más partidarios es el de alcantarillado único, por tener menos complicación, necesitándose únicamente que los canales reúnan buenas condiciones para la evacuación.

Deben tener sus paredes interiores lisas para que el coeficiente de resistencia sea pequeño y se puedan alcanzar las mayores velocidades posibles con las menores pendientes, velocidades que no deben pasar de tres

metros por segundo, pues para mayores valores se destruiría rápidamente el canal.

Las paredes deben ser, también, impermeables, para que no se escape el agua, evitando así todo peligro de contaminación de las capas freáticas.

La dilución de las aguas negras, debe ser completa, para que corran libremente, sin detención de ninguna clase.

Se debe estudiar bien la forma de la sección hidráulica: si el caudal fuera constante, lo mejor sería la circular, más como es muy variable, tanto más, si admitimos en las alcantarillas el agua de lluvia, habrá que estudiar una forma de sección tal, que cuando la alcantarilla va llena, la velocidad sea admisible y lo mismo cuando el caudal sea pequeño, condiciones que ya hemos visto, se satisfacen con la forma oval.

Debe haber también en las alcantarillas descargas de agua, que se hacen en los orígenes de las mismas análogamente a como se lleva a efecto en los retretes, con la diferencia de que el agua que se vierte es en mucha mayor cantidad (1.000 o 2.000 litros), efectuándose estas descargas dos o tres veces al día, bien a mano o automáticamente que es lo más corriente, según veremos

más adelante.

Otra condición que deben cumplir las alcantarillas es que estén bien ventiladas para evitar desgracias a los que han de prestar servicios de inspección y reparación; han de tener disposiciones fáciles para efectuar estos servicios, para lo cual se dispondrán registros en los sitios convenientes.

Este sistema, que debe funcionar automáticamente, se puede aplicar a todas las clases de agua.

ARGUMENTO EN PRO Y EN CONTRA DE LOS SISTEMAS UNITARIO Y DOBLE. En el sistema separado, como las alcantarillas se calculan solamente para el caudal de aguas negras, se obtienen secciones menores, pudiéndose adoptar la forma circular, con lo que sus partidarios creen que la velocidad que puede alcanzar el agua es mayor, obteniéndose como resultado una mayor limpieza. Se puede contestar a esto diciendo que con las alcantarillas pequeñas las obstrucciones son más de temer y resulta, además, difícil la ejecución de la limpieza, aparte de que la velocidad está bien estudiada en función del radio medio e importa poco que la sección sea circular u ovalada. Como se ve este argumento tiene poco valor.

El sistema de alcantarillado único no cabe duda de que es más económico, a lo cual contestan los partidarios del otro sistema que no hace falta para evacuar las aguas de lluvia ejecutar alcantarillado en todas las calles, sino que puede correr el agua en los trozos en que la circulación no sea muy grande y disponer sumideros en sitios convenientes.

Además, dicen, que en el tubo de aguas negras la evacuación es mucho más rápida y se produce menor desprendimiento de gases.

Dicen también los partidarios del sistema doble, que el alcantarillado para aguas pluviales se puede hacer más superficial, pero esto no siempre sucederá, porque puede haber patios profundos que tienen necesariamente que desaguar en alcantarillas profundas. Además arguyen que la ventilación es mayor en el sistema doble, pero hay que tener en cuenta, que en el sistema único habrá mayor cantidad de gases, pero también estarán más diluidos en su atmósfera, que generalmente suele ser más pura que la de la calle, debido a que en las alcantarillas hay ausencia de polvo. Como en un alcantarillado bien construido la putrefacción no tiene lugar hasta que las aguas han salido de la población,

aguas, dando salida a las siguientes por medio de los aliviaderos, dejando correr por el colector la cantidad de agua necesaria para que la dilución alcance al límite señalado.

Por otra parte, aunque se admitiese a la depuración todo el caudal de agua de lluvia, como vamos a ver, tiene poca importancia comparado con el caudal de aguas negras, y por consiguiente, no es mucho el gasto que se origina por esta diferencia. Consideremos, en efecto, una población con una densidad de 300 habitantes por hectárea y 200 litros de dotación por habitante y día; el caudal de aguas negras, que se obtiene al año por hectárea, es aproximadamente

$$200 \times 300 \times 365 = 21.900.000 \text{ litros}$$

o sea

$$21.900 \text{ metros cúbicos.}$$

Suponiendo que la población es del centro de España, la lluvia media anual es en altura, de unos 500 milímetros y siendo el coeficiente medio de escorrentía 0,7, el caudal medio anual por hectárea, de aguas de lluvia será

$$0,5 \times 10 \times 0,7 = 5.500 \text{ m.}$$

Se ve, pues, que el aumento que proporcionarían las aguas de lluvia viene a ser

la sexta parte del caudal de aguas fecales y en el caso probable de que el alcantarillado posea aliviaderos de superficie, aún es mucho menor el caudal de aguas de lluvia que ha de sumarse al de fecales, siendo por consiguiente, la ampliación que hay que hacer en la estación depuradora, muy pequeña comparada con las ventajas que desde luego proporciona el empleo del alcantarillado único.

Sin embargo, puede convenir en algunos casos el alcantarillado doble, como, por ejemplo, en las poblaciones pequeñas, en las que por su disposición topográfica, se pueda hacer la evacuación de las aguas pluviales por las calles, siempre que no se produzcan filtraciones en los sótanos, pudiendo suprimirse el alcantarillado de aguas pluviales e instalar únicamente el alcantarillado de aguas fecales. Esto ya reporta una gran economía. Lo mismo puede decirse de las poblaciones que posean alcantarillados antiguos, naturalmente muy malos, de fondos planos y paredes verticales, cubiertos con losas o bóveda de ladrillo, que son de poca utilidad práctica para las aguas negras, pero que se pueden seguir usando en excelentes condiciones para las aguas pluvia-

les, siendo en este caso suficiente hacer un alcantarillado que solo conduzca las aguas fecales.

Puede darse el caso de que en una parte de la población convenga emplear el sistema único y en otras el sistema separado, por lo que el Ingeniero en cada caso hará los estudios necesarios para adoptar la solución más conveniente.

TRAZADO DE LOS ALCANTARILLADOS. Indicado el modo de determinar caudales y secciones, vamos a ver como se hace el trazado general de una alcantarilla.

Empezaremos por elegir el sistema de alcantarillado que nos parezca más conveniente, y para la ejecución del proyecto, necesitamos conocer varios datos, de los que el más importante es el plano general de la población y de los terrenos cuyas aguas vierten en ella. Los planos que han de utilizarse estarán en escalas de 1:2000 o 1:2500 y para el estudio de conjunto o plano general, se trabaja bien en planos a la escala corriente de 1:5000; deben estar muy bien hechos, puesto que se trata de construir canales y hay que dar tanta importancia a la altimetría como a la planimetría; para evitar errores en la nivelación.

Este plano hay que hacerlo, sino está hecho de antemano, y aún estando hecho, no se debe el Ingeniero fiar, y ha de comprobar, principalmente, los trozos aquellos en que las pendientes sean pequeñas, con objeto de evitar que las velocidades que se deduzcan por el cálculo, partiendo de los datos que proporcione el plano, bajen de 0,6 a 0,7 metros por segundo.

Al ejecutar el proyecto hay que prever el aumento futuro, por aumento de población. Es necesario, además, disponer del plano de los terrenos en que se ha de efectuar el desagüe, el trazado del emisario y el de los campos de depuración.

En los planos deben figurar las líneas de tranvías, conducciones de agua, gas, etc., alcantarillas viejas (si las hay) con objeto de situar el trazado de las alcantarillas, en sitios donde menos estorben los elementos dichos.

Es necesario, también, conocer la naturaleza del suelo y subsuelo, si hay o no aguas subterráneas, y al mismo tiempo debemos hacer el proyecto de avenamiento para el saneamiento de la población.

Para la situación de las alcantarillas en las calles, hay que tener en cuenta

que en ellas han de desaguar los sótanos y los patios de las casas, para lo cual es preciso que vayan a bastante profundidad.

El Ingeniero ha de recorrer la población para darse cuenta de todos los accidentes del terreno, y necesita saber el número de habitantes, la densidad en cada zona, el aumento posible de población, el régimen de lluvias en la localidad y los precios de jornales, materiales, transportes, etc.

Con todos estos datos se estudia detenidamente el plano en el gabinete, haciendo en él el trazado del alcantarillado, siendo este un problema más determinado que el de las cañerías de abastecimiento, pues la misma configuración del terreno nos da la solución. Puede decirse, que la red de alcantarillado va paralelamente a la superficie del terreno, excepción hecha de los puntos en que la pendiente es muy grande o muy pequeña, cuestión de la que ya hemos hablado, siendo el objeto esencial procurar que la velocidad no pase de 3 metros por segundo ni baje de 60 centímetros.

Distinguiremos en el plano las divisorias y vaguadas, empezando por limitar las diferentes cuencas de la población, para lo cual resulta conveniente que el plano general

del que hemos de hacer uso tenga trazadas curvas de nivel, sin preocuparse de las edificaciones. Estas cuencas las distinguiremos en colores de varios matices y ha de disponerse de una serie de planos iguales, con objeto de evitar borraduras y poder desechar los planos en que se hayan hecho tanteos. De esta forma, claro está, que el trazado resulta de por sí solo sin más que tener que resolver pequeñas dificultades. Las vaguadas son los puntos indicados para la instalación de las alcantarillas generales.

Si se trata de una población situada a orillas de un río, figura 182, tendremos

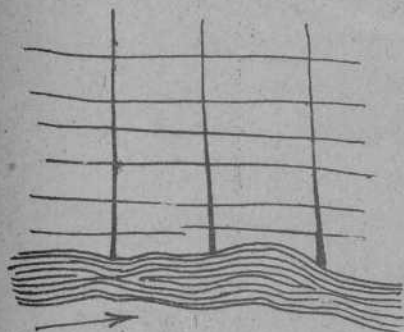


Fig. 182

una serie de vaguadas y divisorias normales a él; en las vaguadas se disponen las alcantarillas principales de sección creciente y normalmente o transversalmente se ponen las alcantarillas secundarias. Las principa-

les pueden verter directamente en el río, pero esto no debe ser así por el peligro que correría la salubridad de la población, por lo cual hay que conducir o hacer el desagüe en sitios lejanos, siendo preciso entonces,

Ing.^a sanitaria 63.

sortar las alcantarillas principales por un colector situado en el valle principal paralelamente al río; este colector se continúa en el emisario hasta el punto de desagüe o de depuración. En los puntos de encuentro de las alcantarillas principales con el colector, se ponen los aliviaderos de crecida, que vierten directamente en el río, para reducir la sección en el colector, figura 183.

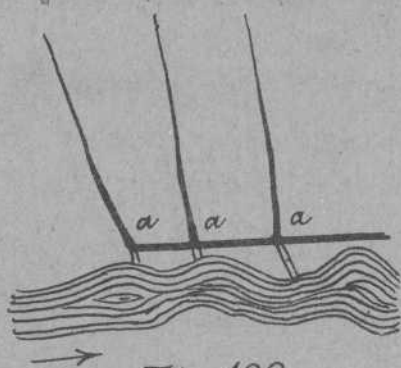


Fig. 183

Este por estar situado en el valle principal lleva poca pendiente y puede ocurrir, también, que se encuentre demasiado bajo para que podamos hacer el desagüe directo y entonces no hay más remedio que instalar

una elevación de aguas, sucediendo una cosa análoga a lo que digimos en el abastecimiento de poblaciones y para no tener que elevar todo el caudal de aguas negras de la población, haremos una distribución en pisos, separando por medio de colectores las zonas que pueden verter directamente en el desagüe escogido, figura 184; también en estos colectores se pueden disponer los aliviaderos de

crecida con sus canales correspondientes.

Este caso se suele presentar en las poblaciones marítimas y como no conviene desaguar las alcantarillas ni en las dársenas

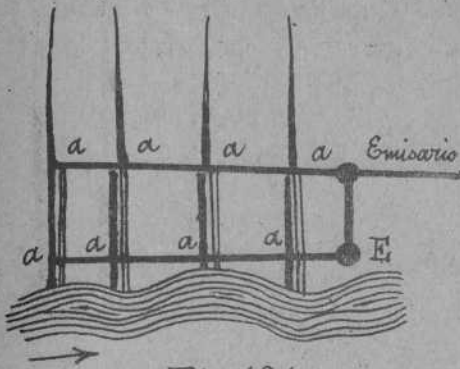


Fig. 184

ni en las playas o puntos cercanos a ellas, por existir barrios y baños en esos puntos, que estarían expuestos a malos olores e infecciones frecuentes, no hay más remedio que recoger las aguas sucias para mandarlas a sitios bastante más lejos, en acantilados, etc., previa elevación.

Con el plano a la vista, resulta todo esto sumamente sencillo, porque, a diferencia de lo que sucede en la distribución reticulada, el agua marcha en las alcantarillas siempre en el mismo sentido.

En los casos raros de poblaciones llanas, como Berlín, por ejemplo, se puede adoptar el sistema radial, que tiene por objeto conducir las aguas por medio de arterias convergentes en puntos bajos o centros de reunión, arbitrariamente escogidos, en los que

se establece instalaciones elevadoras, para dar altura al agua y poderla conducir al punto elegido previamente para el desagüe, figura 185.

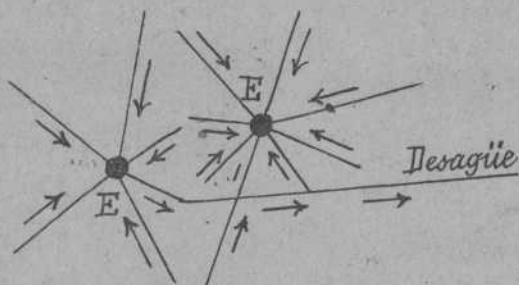


Fig. 185



Los colectores tienen suficiente con una pendiente de unas diez milésimas y en cambio las alcantarillas primeras necesitan pendientes del 1 al 2 %.

No se deben admitir velocidades superiores a tres metros ni menos de 0,60 metros por segundo, por lo que examinaremos si con las pendientes del terreno la velocidad está comprendida entre esos límites y para su determinación se puede emplear el ábaco, lámina IV, para la sección circular, y el de la lámina V para la sección oval. Si la velocidad resulta excesiva, es necesario dividir la pendiente haciendo resaltos en los registros; si la velocidad es pequeña resulta necesario aumentar la pendiente y este peligro se presenta en las alcantarillas de último orden, puesto que a medida que aumenta el caudal se necesita menos pendiente para alcanzar velocidades aceptables. En este caso, para aumentar algo la pendiente, se profundiza la alcantarilla más por un extremo que por el otro.

La zanja que se abre para la instalación de la alcantarilla, se traza en el eje de la calle, generalmente, haciendo a uno y otro lado las acometidas de las casas; también pueden disponerse las alcantarillas una

a cada lado de la calle.

La profundidad que se les ha de dar tiene que ser tal, que las acometidas de las casas puedan desaguar con la pendiente máxima por ser los tubos de desagüe de pequeño diámetro, por consiguiente cuanto más ancha sea la calle tanto más profunda tiene que ir la alcantarilla.

Desde luego tiene que ser mayor que la que se da a las cañerías del agua y del gas, pues estas últimas suelen ir a un metro de profundidad y si hay sótanos en las casas se necesita en las alcantarillas, por lo menos, tres metros de profundidad, pudiendo llegar hasta ocho metros en calles muy anchas o cuando las casas tienen doble piso de sótano.

Tratándose de poblaciones asentadas sobre roca, las alcantarillas no pueden ir tan profundas y se las da únicamente la profundidad necesaria para que la capa que queda por encima preserve a la alcantarilla de los efectos del tránsito, pues, la presión que transmite el terreno al paso de un vehículo, es tanto mayor cuanto menor es el espesor de la capa de tierra.

Se pueden hacer las alcantarillas de distintas secciones, varias de las cuales ex-

pusimos anteriormente y ahora vamos a dar a conocer otra serie de formas que son las corrientemente usadas.

En el sistema separado se emplean para el caudal de aguas negras tubos de sección circular.

Para las aguas procedentes de lluvias en poblaciones pequeñas se las deja correr por las calles o por cunetas laterales y en poblaciones grandes e importantes se las conduce por alcantarillas.

Cuando se sigue el sistema único, en alcantarillas pequeñas se emplea la sección circular hasta obtener diámetros de 50 centímetros, y desde aquí se empieza a utilizar la forma ovalada clásica, que varía de 5 en 5 centímetros al principio y después de 10 en 10 centímetros, hasta llegar a los colectores, para los cuales se puede emplear la forma ovalada, la elíptica o la pseudo-elíptica, o la forma de herradura.

Los tubos que se emplean en las alcantarillas puede ser de fundición o de grés; los primeros ya los estudiamos al hacer el estudio de los abastecimientos y solo se emplean en los sifones o en algún caso particular y los segundos, que son los que corrientemente se usan, se construyen de grés vidriado.

do por el procedimiento de la sal marina o sal común, pues así resulta el mejor material cuando está bien hecho, puesto que se constituye un material resistente, impermeable, liso, inatacable por las aguas negras y aún por los ácidos; se emplean estos tubos hasta 50 centímetros de diámetro. Los tubos de mayor diámetro, de grés, son también buenos pero resultan muy caros y para estos diámetros se impone el empleo de tubos de hormigón, que deben ser de composición impermeable. Cuando el diámetro de estos tubos es pequeño, su espesor también lo es y no se puede emplear más que arenas en la formación del mortero con el que se moldea el tubo. Cuando el diámetro es grande, los espesores de las paredes permiten el empleo de gravilla o de piedra machacada.

La forma de los tubos de grés se indica en la figura 186; en longitud varía de



Fig. 186

0,60 a 1 metro por lo que se obtiene un gran número de juntas, que pueden hacerse de muchas

maneras, de las que indicaremos las más principales: en la figura 187, la junta está hecha por enchufe; rellenando la corona circu-



Fig. 187



Fig. 188

lar que queda entre macho y hembra, primero con filástica y después con asfalto o mortero de cemento y en la figura 188, el empalme se hace con un manguito, poniendo también en la corona que queda entre las piezas, mortero de cemento o asfalto; otras juntas son las representadas en las figuras 189 y 190, las



Fig. 189



Fig. 190

cuales exigen cortes especiales en los extremos de los tubos, según queda indicado y en la segunda de éstas se hace el relleno de mortero de cemento, introduciéndolo por aberturas en forma de embudo. Estos últimos sistemas resultan algo complicados.

Para asegurarse de la calidad del material se someten los tubos a pruebas de recepción por choque, por presión y por inmersión.

Los tubos de mortero se hacen en moldes y el empalme se lleva a cabo como se indica en la figura 191, haciendo uso, para que no recale el cemento, de un útil que se asemeja a un émbolo y que se adapta a las paredes interiores mediante un mecanismo es-

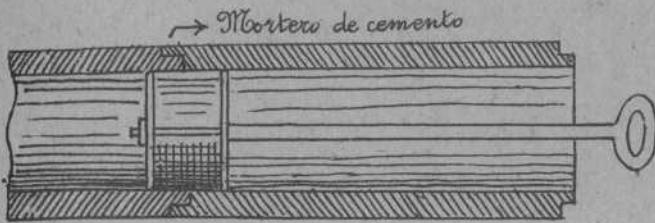


Fig. 191

pecial.
Estos tu-
bos pue-
den ser
circula-
res inte-
rior y

exteriormente o solamente en el interior,
presentando exteriormente un fondo plano,
figura 192, para realizar el perfecto asien-

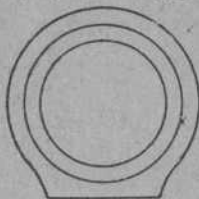


Fig. 192

to, forma que no es necesaria
en los tubos de sección circula-
r, pero si en los de sección
oval, figura 193, por exigirlo
así los ajustes. Los tubos de
sección oval se hacen también
moldeados y las juntas de igual
manera que en los anteriores.



Fig. 193

Cuando se emplean tubos pa-
ra las aguas negras, se dan sa-
lida a las aguas pluviales por
medio de cunetas o canales cu-

biertos por las aceras, figura 194.



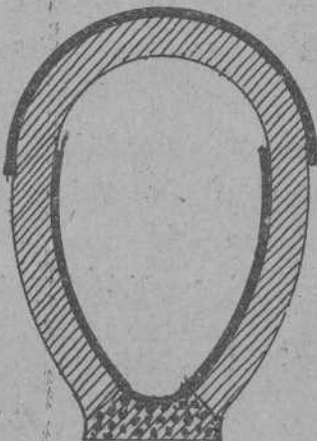
Fig. 194

Cuando la sección de las
alcantarillas es grande, se
hace de ladrillo, mampostería
u hormigón. El primer material

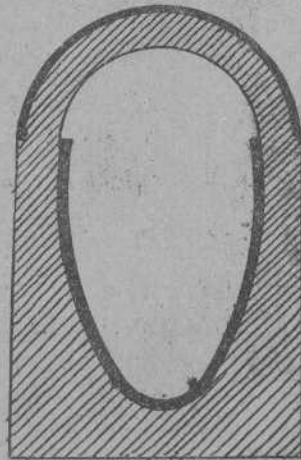
no exige grandes espesores, bastando con me-

dio ladrillo hasta 90 centímetros de luz, un ladrillo de 90 a 1,50 metros de luz y ladrillo y medio de 1,50 a 2 metros de anchura; respecto a la mampostería, diremos, que exige los espesores más grandes dada la falta de homogeneidad y el tamaño de esta fábrica, por lo que no se emplean en alcantarillas de pequeñas dimensiones; el hormigón puede someterse al cálculo para determinar los espesores de los arcos y de los estribos.

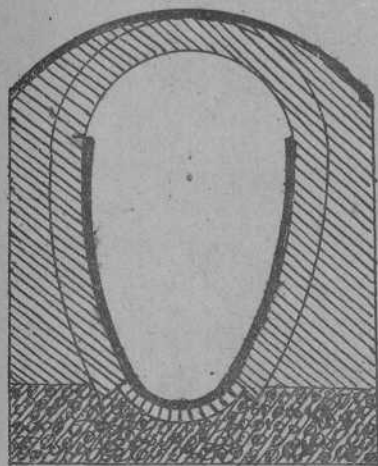
Las disposiciones adoptadas son las correspondientes a las figuras 195 a 199, en las que se aprecia el revestimiento interior, espesores diversos y distinta anchura en la base de sustentación para tener en cuenta la diferente naturaleza del terreno de cimentación.



En terreno firme
Fig. 195



En terreno flojo
Fig. 196



En terreno flojo
Fig. 197

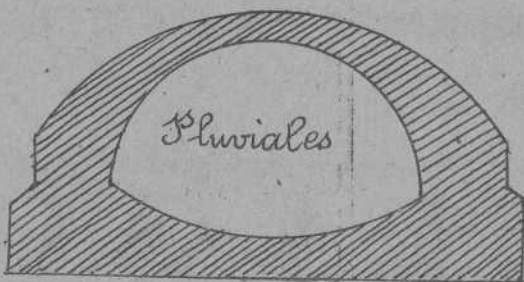


Fig. 198

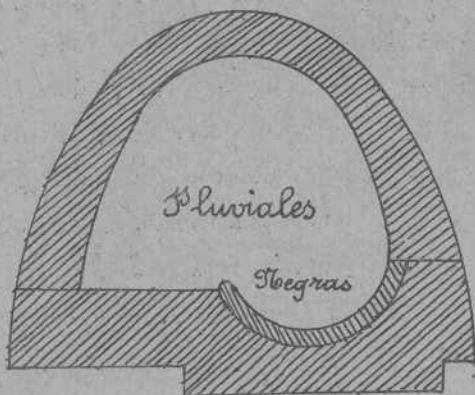


Fig. 198



obrero fuera, para prevenir a los del interior, en el caso de un aguacero, puesto que en estos lugares no se percibe nada de lo que sucede por fuera.

De la forma anterior se derivan las representadas en las figuras 201 a 204, ca-

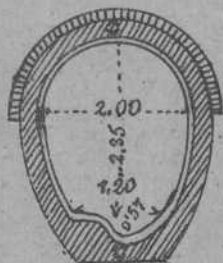


Fig. 201

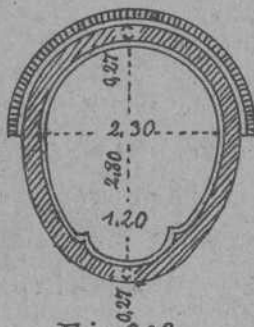


Fig. 202

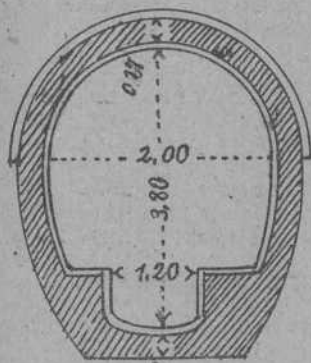


Fig. 203

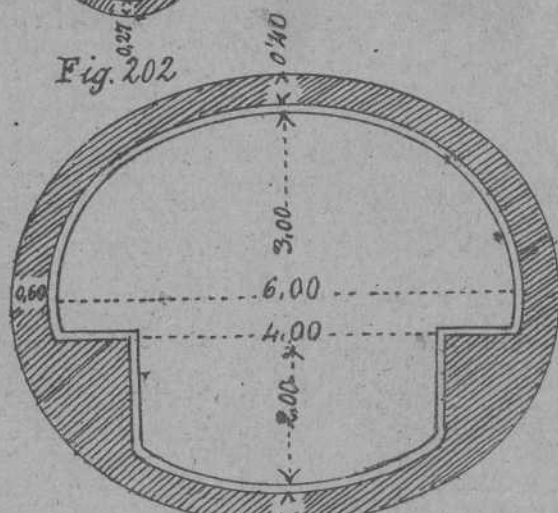


Fig. 204

da una de las cuales se adopta teniendo en cuenta la importancia del caudal que hayan

de conducir.

TOUT A L'EGOUT. En Paris se sigue el sistema conocido con el nombre tout a l'egout que no debemos confundir con el sistema único, pues además de las aguas negras y de las pluviales arrastra todas las basuras de las calles, por limpiarse éstas con las mangas de riego y aún cuando este sistema resulta más cómodo que recoger las basuras y alejarlas de la población en carros, tiene el inconveniente de que en las calles se desgasta el pavimento y por este sistema de limpieza va a la alcantarilla una cantidad grande de arena que es difícil de quitar. Se comprende que este sistema de alcantarillas tiene que ser muy caro y que solo se puede seguir como un alarde de lujo en las poblaciones de mucha importancia; en cambio tiene la ventaja de que se puede andar por él y por consiguiente se vigila y limpia bien; además en Paris se aprovechan las alcantarillas para instalar las cañerías de agua; en unas alcantarillas se disponen colgadas de la clave, figura 205, en otras colgadas de ménsulas empotradas en las paredes, figura 206 y en los colectores se disponen sobre columnas en uno de los andenes, figura 207. Existe la dificultad de hacer las juntas de los tubos y el peligro de que durante las crecidas puedan estar las tuberías

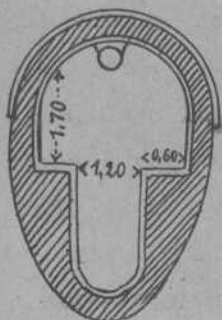


Fig. 205

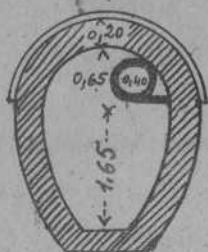


Fig. 206

cubiertas por el agua arrastrada, con peligro de infectar las aguas de la conducción.

Las alcantarillas de Paris están hechas con mampostería y el mortero de cemento en la proporción 1:3 recubriéndose las paredes interiores con un mortero mucho más rico 1:1.

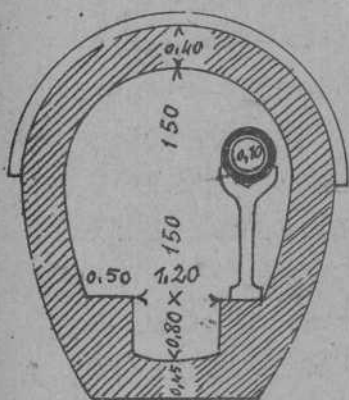


Fig. 207

Para hacer un proyecto de alcantarillado hemos visto ya las ventajas e inconvenientes de los dos sistemas actualmente seguidos y las formas de alcantarillas más frecuentemente usadas; hemos dicho también al principio del proceso que

ha de seguirse, como es el de señalar sobre el plano de la población las distintas cuencas y las divisorias por medio de aguadas de colores con objeto de divisar claramente al primer golpe de vista la cuenca de cada

vaguada y ahora vamos a seguir revisando la serie de indicaciones que conviene tener en cuenta en la ejecución de un alcantarillado.

Debemos examinar las calles que necesitan alcantarilla, así por ejemplo, si tenemos tres calles paralelas A, B, C, en el supuesto de que todas las casas tengan fachadas a dos calles, la calle B, no necesita alcantarilla, vertiendo las casas de un lado a la alcantarilla de la calle A, y las del opuesto a la de la calle C.

Generalmente se pone una alcantarilla en el eje de la calle, excepción hecha de los casos en que convenga disponer dos alcantarillas o cuando la red de tranvías nos obligue a instalarla a un lado. Los tramos de alcantarilla deben ser siempre rectos cuando no son transitables y en cada cambio de dirección hay que poner un registro, que no debe excluirse tampoco en los cambios de pendiente, ni en las confluencias que se hacen en las encrucijadas.

Como el caudal no es constante, la sección de las alcantarillas tiene que ser variable y como ésta no puede variar de un modo continuo tendremos que ver con el ábaco hasta que punto sirve una sección dada.

Los cambios de diámetro de los tubos

se pueden hacer de dos maneras, o conservando la pendiente en las generatrices inferiores de los tubos figura 208, o en las gene-

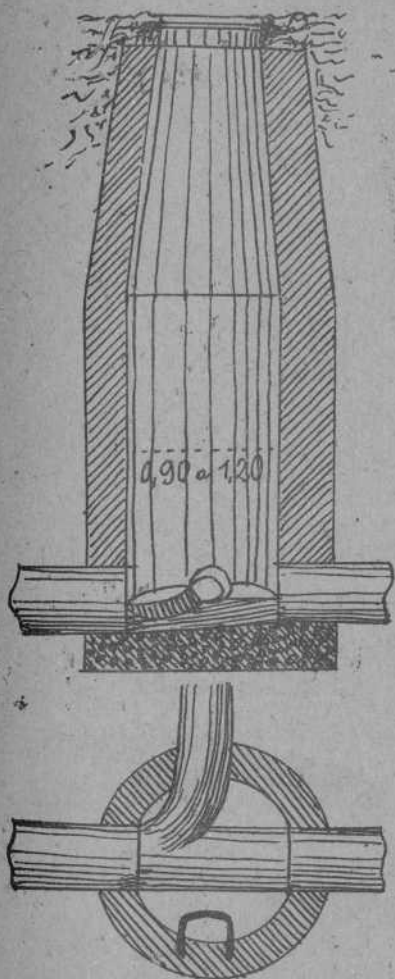


Fig. 208

ratrices superiores. Tratándose de los tubos hay que hacer el cambio en un registro, según se observa en la figura, donde también viene representado el enlace con otra tubería. Las mismas soluciones se adoptan en los canales de las alcantarillas según observamos en las figuras 209 y 210. Lo más corriente es adoptar la primera solución y la segunda puede ser preferible cuando la pendiente del terreno es pequeña, obteniéndose una inclinación algo mayor que con la primera disposición; todo esto se hace cuando se quiere afinar, por más que

siendo las variaciones de diámetro de cinco

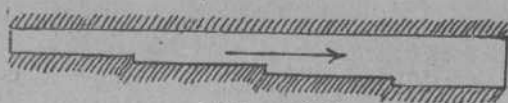


Fig. 209

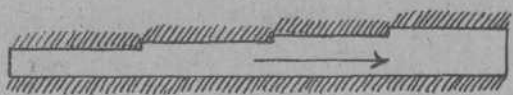


Fig. 210

centímetros en grandes trayectos, la ganancia de pendientes es insignificante.

Cuando hay que hacer resaltos, es conveniente darle al fondo la forma de S o gola.

Marcaremos en el plano todas las trazas del alcantarillado, representando las secciones con una sola línea de carmín de grueso variable y las ovales con dos líneas paralelas. Los alemanes marcan, en los sistemas de alcantarillado, los Km. a partir del origen del emisario y aguas arriba; esto resulta cómodo por muchos conceptos, pues facilita la construcción del perfil longitudinal del colector y de las alcantarillas en que éste se ramifica, teniendo de esta forma las distancias al origen o el punto bajo del alcantarillado.

El trazado que de esta forma habremos indicado no es definitivo.

---:---:---:---:---:---:---:---:---

de diámetro las haremos con tubos de grés y para secciones mayores, se construirán de forma oval. En los orígenes de las alcantarillas se parte de tubos de 0,20 m. y se distinguen las alcantarillas circulares de las ovaes, representándolas con una y dos líneas respectivamente, sin que este convenio sea una imposición, pues se pueden representar por líneas de grueso diferente o de cualquier otro modo, con tal de que se vean bien al primer golpe de vista.

Donde hay que tener cuidado, es en las calles estrechas y en aquellos puntos de la población, en los que se puede suprimir la alcantarilla, para evitar los trozos que no sean precisos.

Una vez hecho el trazado, recorriendo las distintas calles, hay que proceder a determinar las pendientes y los caudales, que son los datos que necesitamos para obtener las dimensiones de la sección y la velocidad. Como la velocidad no debe bajar, según sabemos, de 0,60 m. por segundo, hay necesidad en algunas calles de separarse de la pendiente del terreno, forzándola lo que sea necesario, para que la velocidad no baje de dicho límite fijado por la experiencia, para evitar que se depositen las materias que el

agua lleva en suspensión.

La división en áreas para la determinación de los caudales, no ofrece dificultad cuando los planos tienen regularidad, pero en otros casos se presentan dificultades que hay que salvar. Las áreas se escriben en el plano en hectáreas y para que se puedan anotar los datos y resultados sin producir confusión, así como también para obtener una aproximación aceptable, hay que hacer todo esto en un plano a escala 1:1000 o de 1:2000. Se observará que el plano que presentamos, está hecho a escala 1:2500 con la confusión obligada por falta de espacio.

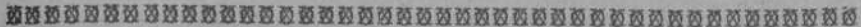
Conocidas las áreas, el caudal de aguas negras por hectárea, se determina fácilmente, conociendo la densidad de población y la dotación en litros por habitante y día, debiendo escogerse esta última, para facilitar los cálculos de modo que el caudal por hectárea y por segundo sea un número sencillo. Nuestra población, suponemos que tiene una densidad de 300 habitantes por hectárea y una dotación de agua de 120 litros por habitante y día, con lo cual se obtiene un caudal medio de aguas negras, de un litro por hectárea y por segundo. Como este caudal es insignificante comparado con el de aguas plu-

de los límites admisibles. Deben anotarse también, junto con los datos anteriores, las dimensiones de la sección y las longitudes de cada trozo. (Estas no las hemos consignado en el plano).

Ahora es cuando hay que hacer la representación o distinción de las alcantarillas, con arreglo al convenio adoptado.

Todas estas alcantarillas tubulares tienen que ser visitables y hay que poner medios adecuados, que son unos registros de cuya forma y construcción hablaremos. Estos registros se han de poner desde luego en los cambios de dirección y en las confluencias, representándolos en el plano por unos circulitos y aún cuando no hay cambio de dirección tanto en planta como en el alzado o rasante, no deben estar distanciados por más de 40 o 50 metros. Cuando las alcantarillas son transitables se deben poner los registros más separados unos de otros, como puede verse en el trozo de colector más inmediato al emisario.

El diámetro de los tubos de grés aumenta según sea la fábrica de que proceden, siendo lo corriente que varíen de cinco en cinco centímetros. En nuestro proyecto se ha supuesto que varían de 2,5 en 2,5 centímetros.



- L V I I I -

En el plano se deben representar con signos convencionales los depósitos de descarga que se ponen en el origen de las alcantarillas, de los que hablaremos más adelante. Hay que situar también los sumideros para dar entrada a la alcantarilla a las aguas pluviales.

Las calles actualmente tienen un perfil convexo, figura 211, quedando a uno y



otro lado unos canalillos descubiertos limitados por las aceras; las aguas de lluvia dis-

Fig. 211.

currir por estos canales y en las encrucijadas rebasarán la cresta del pavimento si no se disponen las ceras convenientemente.

Cuando no se ponen sumideros se resuelve el problema construyendo badenes que son incó-

modos para la circulación de vehículos; siguiendo este procedimiento es necesario dar al badén una curvatura muy abierta. Se puede conservar el bombeo de la calle poniendo tubos para dar paso al agua por debajo, pero si se trata de encrucijadas por las que han de pasar vehículos muy cargados, no se puede realizar ésto, porque no hay profundidad suficiente y entonces hay que recurrir a la construcción de verdaderos sifones.

Cuando se recogen las aguas superficiales en las alcantarillas, hemos dicho, se disponen sumideros en los sitios convenientes, generalmente uno en el punto más bajo de cada manzana o más de uno cuando éstas son muy grandes. Se van poniendo a uno y otro lado de la calle y siendo en número abundante se puede disminuir el tamaño de las bocas.

Cuando no haya sumideros, el caudal en las calles será grande en los días de lluvia y se conduce por medio de cunetas situadas debajo de las aceras construyéndose con dos muretes verticales, figura 212, cubiertas por las losas de las aceras, constituyendo así una alcantarillado de aguas pluviales.

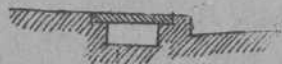


Fig. 212

Los tubos de bajada de los tejados de las casas se conducen a estas cunetas interrumpiendo las aceras con canaletas dispuestas de modo que se puedan limpiar y que sin embargo no molesten el paso de los transeuntes.

Cuando se sigue el sistema separado, es suficiente poner para las aguas negras tubos de 20 cm. en todas partes y para las pluviales de 40 cm. por lo menos, debiendo situarse los primeros por debajo de los segundos, figuras 213 y 214.

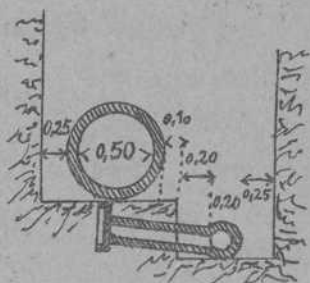


Fig. 213

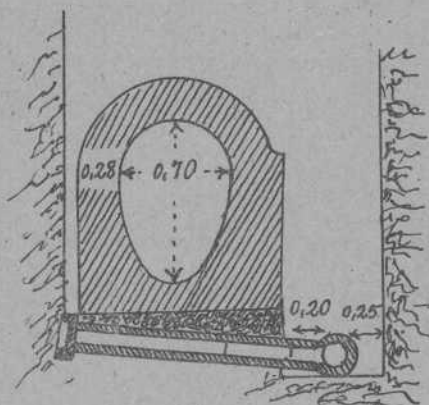


Fig. 214

Abierta la zanja con la profundidad necesaria se asientan sobre el fondo los tubos de a 20 centímetros, después se hacen las juntas, se rellena con tierra y encima se ciementa el otro tubo o la alcantarilla. En la disposición de las figuras citadas las aco-

medidas de la izquierda hay que hacerlas por debajo de la alcantarilla de aguas pluviales empleando piezas con ramal a 45° y codillos, bien haciendo el empalme lateralmente, figura 125 o verticalmente por la parte superior de la tubería, figura 216.

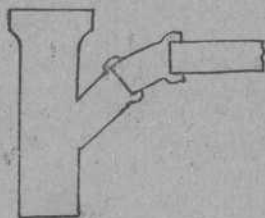


Fig. 215

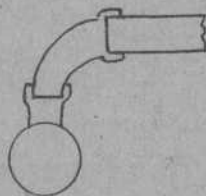


Fig. 216

XX

- L I X -

Al proyectar la ejecución de alcantarillas resultan numerosas dudas que hay que resolver y para ello hay que hacer todo con mucho detalle.

En las confluencias se pueden presentar tres casos: encuentro de tubos, de tubo con alcantarilla y de dos alcantarillas.

Las confluencias deben hacerse de modo que las aguas y las materias que los llevan en suspensión no encuentren obstáculo en el punto de enlace; para ello al ramal concurrente se le da en su terminación la curvatura necesaria para dirigir los filetes tangencialmente a la corriente principal.

CONFLUENCIA DE DOS ALCANTARILLAS TUBULARES.

En el primer caso cuando se trata de tubos, la confluencia se lleva a cabo en un registro, figura 208; la disposición que de-

be adoptarse es la indicada, en la que la acometida se hace un poco más alta que el fondo de la alcantarilla general a fin de que el encuentro de las dos corrientes no determine remansos que son apropiado para que se produzcan sedimentaciones.

Los dos tubos principales se unen con una canal, que lo mismo que la tangencial concurrente, se construyen de hormigón porque en él se dibujan bien estas curvas. Los espacios que quedan en estas canales se terminan por planos inclinados para que después de las crecidas el agua discurra y no se formen estancamientos.

Algunos Ingenieros hay que proponen formar en el fondo del registro una caja que sirve de arenero, para que la arena, que es la más peligrosa, no pase adelante y obstruya la tubería; este depósito puede tomar la forma indicada en la figura 217 y tiene el inconveniente de que el arenero se constituye en un pocito negro, cuyos efectos trascienden al exterior por los agujeros de la tapa del registro, y por esta razón se debe adoptar la disposición anteriormente citada, toda vez que se realiza el principio fundamental de no producirse estancamientos.

Cuando las alcantarillas de la confluencia son pequeñas y de sección oval, se sigue el mismo procedimiento.

En estas dos figuras queda también de-

terminada la forma de hacer los registros, que no son más que pozos de sección circular, cuadrada, etc., no habiendo inconveniente en que sean de sección cuadrada aún cuando se ha adoptado generalmente la sección circular. Conviene hacerlos cilíndricos hasta una altura media de un hombre, con un diámetro comprendido entre 0,90 y 1,20 metros que es muy suficiente para que los obreros

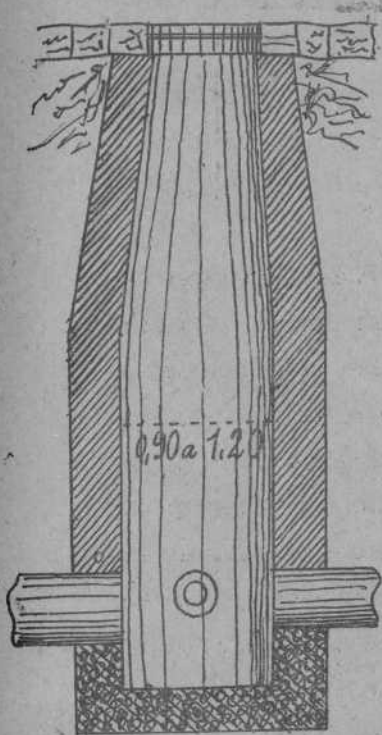


Fig. 217

realicen todas las maniobras que hayan de efectuar de limpieza, etc.; en la boca se reducen las dimensiones adoptándose generalmente un diámetro de 0,70, 0,60 y hasta 0,55 metros, y se cubren estos orificios con tapas que han de ser muy resistentes cuando están

situadas en la calzada, para que puedan soportar el paso de carros cargados. Se puede terminar el pozo en un marco de piedra con un saliente o rebajo para sostener la tapa constituida por una losa que no debe sobresalir del pavimento.

Para bajar a los registros se empostran en la pared patines de hierro, con el fin de evitar que los obreros lleven a cuestas la escala de mano.

Cuando los registros están dispuestos en medio de la calle, no molestan al tránsito estando cerrados, pero sí cuando hay necesidad de entrar en ellos, por lo que es conveniente situarlos en las aceras, figura 218, teniéndose entonces lo que se llama un registro al costado, que en este caso da entrada a una alcantarilla transitable. En la parte baja de la sección queda a la suficiente altura para conducir el caudal ordinario de aguas negras y se da al piso del registro una ligera pendiente con objeto de que pasadas las grandes avenidas no se produzcan estancamientos en esta zona.

Cuando las alcantarillas no son transitables se han de disponer los registros a pequeña distancia unos de otros (40 o 50 metros) y entre tramos rectos por exigirlo así



Registro al costado

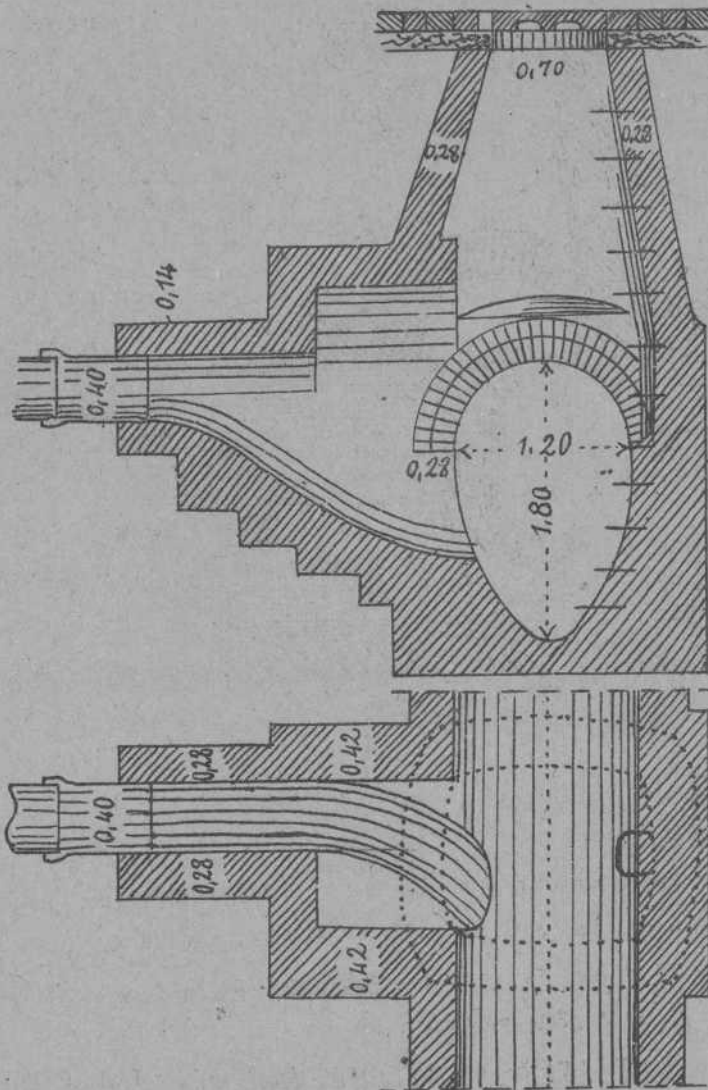
Fig. 218

las buenas condiciones de inspección y limpieza; en cambio cuando las alcantarillas son transitables no es preciso que estén tan

abundantes siendo suficiente una distancia mínima de 100 metros entre ellos, no siendo tampoco preciso que el trozo de alcantarilla correspondiente siga la alineación recta.

CONFLUENCIA DE UNA ALCANTARILLA TUBULAR CON OTRA TRANSITABLE. La solución de este problema viene representada en las figuras 219 y 220; la acometida del tubo se hace a la altura de la clave de la bóveda de la alcantarilla transitable y se enlaza con una gola, que se proyecta en línea recta según el plano horizontal y la prolongación se hace en curva circular tangente a ella y a la corriente general, proyectada verticalmente en línea recta también. En estas confluencias el registro se limita por cuatro paredes en arco de círculo porque resisten mejor los muros curvos, que los planos, los empujes del terreno. Se podía hacer circular, pero resultan muy complicadas las intersecciones de las bóvedas, inconveniente que se evita con la disposición indicada. Todo esto es cuestión de detalle de construcción, pudiéndose emplear para las bóvedas hormigón o ladrillo.

Se podría en estas confluencias hacer el desagüe en la parte baja a la altura del nivel de aguas negras en la alcantarilla tran-



Corte horizontal y proyección

Fig. 219

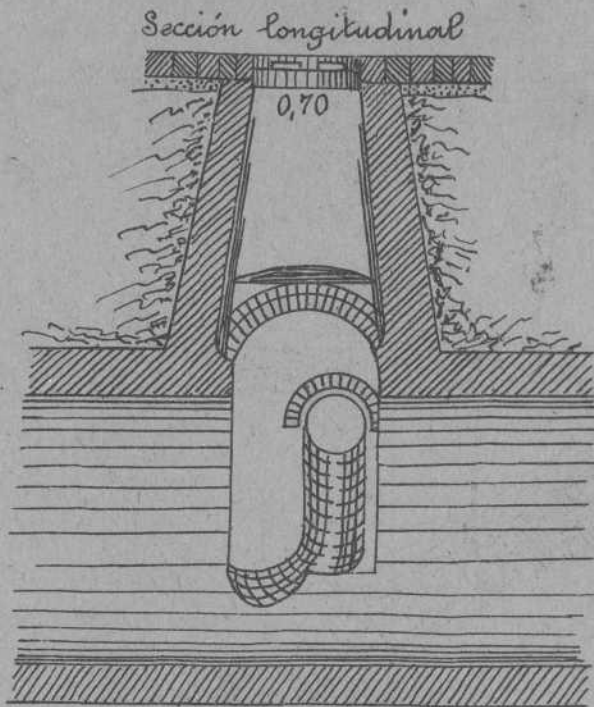


Fig. 220

sitable, si admitimos el inconveniente del remanso que se producirá en la alcantarilla tubular, en las avenidas, y que podría interesar hasta más allá del primer registro a

partir del desagüe en la alcantarilla confluente.

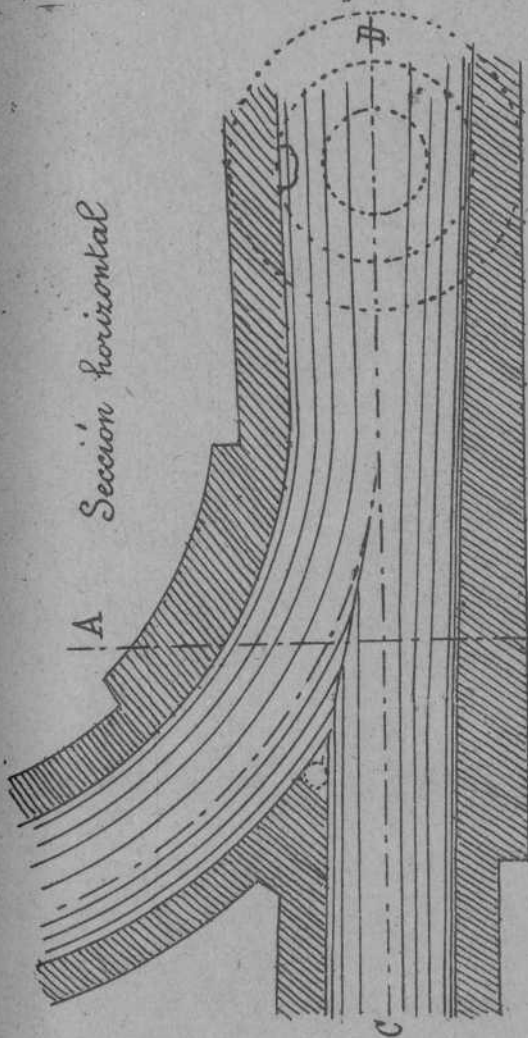
El radio de la parte curva, que se construye para dar a los filetes líquidos la dirección de la corriente principal, varía entre 1 y 1,50 metros.

CONFLUENCIA DE DOS ALCANTARILLAS TRANSITABLES. Obedeciendo al principio fundamental tantas veces citado, el acuerdo se hace tangencialmente por medio de una curva de

radio cinco veces el diámetro de la sección, que se determina por tanteos. Esta confluencia viene representada en la figura 221 en sección horizontal y proyección. El encuentro se hace bien con mampostería, hormigón

o ladrillo y la arista intersección de las dos alcantarillas se construye de sillería.

La alcantarilla concurrente se termina en una bóveda abocinada encima de la cual parte un tubo de ventilación, figura 222, en la proximidad del encuentro y en el eje o al costado se dispone un re-



Sección horizontal

Fig. 221

Sección C D

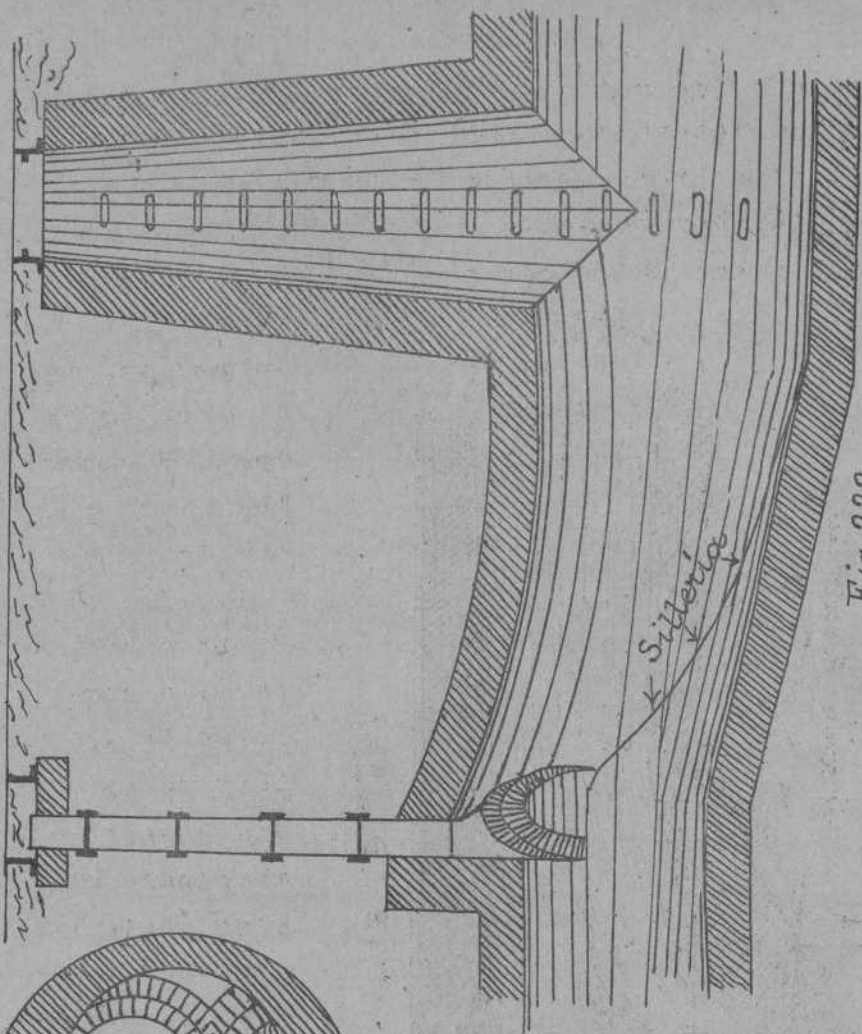
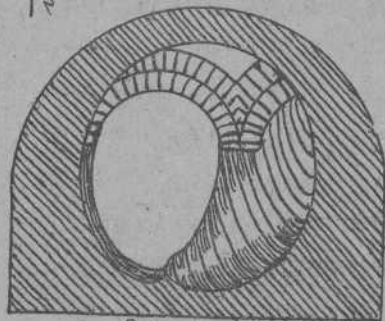
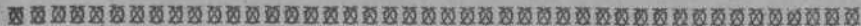


Fig. 222



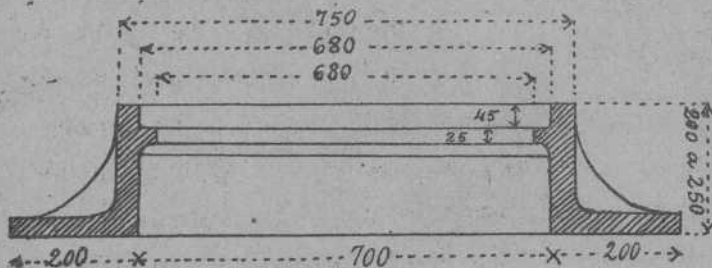
Corte por AB
Fig. 223

gistro en el que probablemente convendrá poner un aliviadero de crecida. La figura 223 representa un corte transversal por el plano A B.



- L X -

TAPA DE LOS REGISTROS. Los registros se cubren con una tapa de fundición de altura variable con la naturaleza del afirmado. En la boca del registro se dispone una pieza cilíndrica de fundición, figura 224; con un



salien-
te en
el que
se apo-
ya la
tapa-
dera,
figu-

Fig. 224

ra 225, que puede tener en el centro una abertura rectangular o bien una escotadura en el borde con objeto de poder hacer palanca cuando sea necesario levantarla. Han de ser las tapas robustas y sobre todo las que están situadas en medio de las calles más que

las de las aceras donde el tránsito es de poco peso y para darlas fortaleza sin aumentar

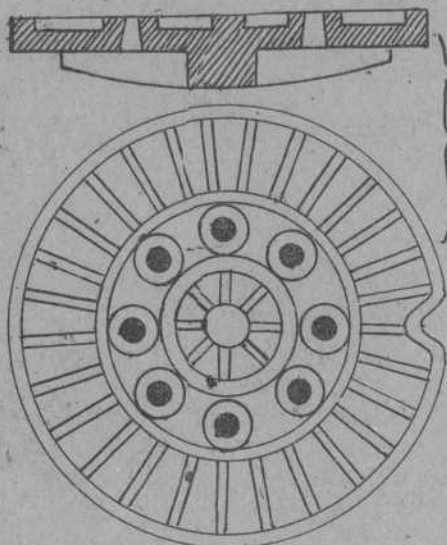


Fig. 225

mucho el peso, se construyen con uno o más nervios en forma de piezas de igual resistencia. La superficie tiene que estar dispuesta con estrías o salientes que impida el resbalamiento sobre ellas. Algunas veces, para evitar que sean resbaladizas se colocan hondas las tapas cons-

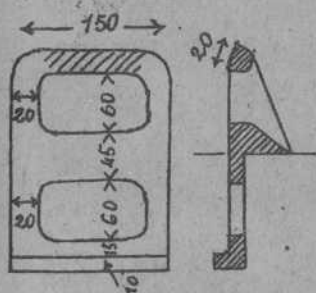
tituyendo el fondo una caja que se rellena de asfalto o como el resto de la pavimentación, dejando únicamente algunos agujeros que puedan servir de ventilación a la alcantarilla.

Todos los registros contribuyen así a la ventilación, pero en el caso de que el pavimento sea de mala calidad, existe el peligro de que por los agujeros de las tapas vayan a la alcantarilla barro o tierra y para evitarlo, se suele añadir al registro un accesorio que en esencia consiste en una ca-

ja o caldereta colgada de la tapa precisamente debajo de los agujeros y en donde se recoge la basura que puede entrar sin interrumpir la circulación del aire, y como su cabida es pequeña, resulta necesario levantar de vez en cuando la tapa para quitar ese depósito y limpiarlo.

PATINES. Para bajar a los registros se empotran en la pared unos patines a distancia de 30 o 40 cm. los unos de los otros, pudiéndose poner pequeños y alternando en dos verticales diferentes o bien anchos y en una sola vertical.

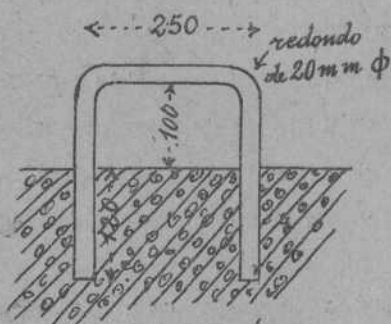
Se construyen de hierro moldeado, figura 226, con unos salientes que se empotran



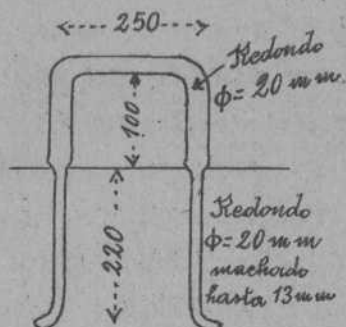
*Patín de hierro
moldeado
Fig. 226*

en la fábrica del paramento o bien con hierros redondos de 30 milímetros de diámetro. En el caso de ser las paredes o revestimiento de hormigón, están indicados los patines de acero de sección circular, figura 227, empleándose también cuando la fábrica es de ladrillo,

haciendo entonces plana la parte que se empotra, figura 228, y procurando que esta deformación sea en sentido horizontal para que



Para hormigón
Fig. 227



Para ladrillo
Fig. 228

quede en mejores condiciones al esfuerzo vertical que ha de soportar que, por otra parte, no ha de ser más que el peso de un hombre.

SUMIDEROS. Ya vimos con anterioridad los sitios en que deben colocarse e igualmente sabemos su objeto y admitiéndose que en las alcantarillas bien construidas es suficiente la ventilación para evitar los malos olores, se deben poner abundantes o sea uno por lo menos en cada manzana con lo cual se evitan a la vez los badenes que son muy incómodos para la circulación. Cuando en el arroyo se puedan reunir grandes cantidades de agua, se deben poner con más profusión situando más de uno en cada manzana, tal sucede en algunas poblaciones, por ejemplo, en Berlín, donde se ponen sumideros pequeños, pero abundantes.

Las bocas de estos sumideros pueden

abrirse al costado o en el fondo del arroyo,

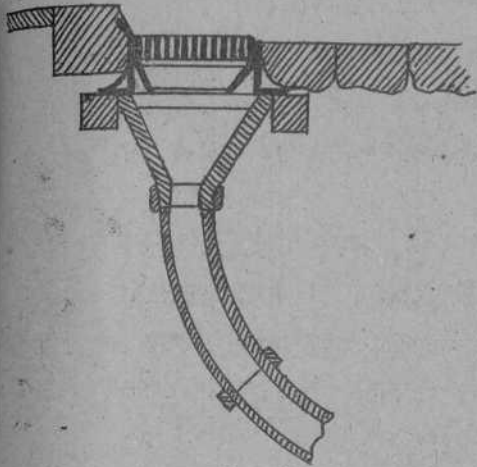


Fig. 229

habiendo de los dos tipos muchos ejemplares; en el segundo caso habrá que poner regillas de barrotes bastante fuertes con objeto de que las ruedas de los vehículos, al meterse en estos lugares, no les estropee y además se ha de procurar que la separación sea la más conveniente para impedir que los transeuntes puedan meter un pie o dejarse un tacón, figura 229.

Esta disposición tiene el inconveniente de que las basuras de la calle y la hojarasca de los árboles obstruyen las regillas y por esta razón resultan preferibles los sumideros al costado, figura 230, en el que la magnitud de la

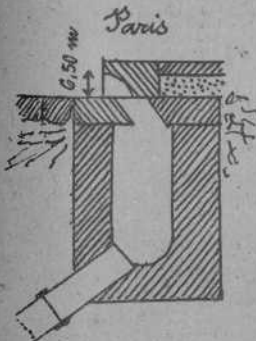


Fig. 230

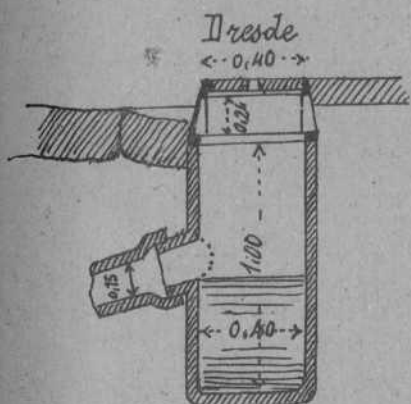
abertura viene limitada por la altura de la acera, que no puede ser mucha para comodidad del tránsito; por esta causa lo que no se gana en altura se compensa con un aumento en el ancho con objeto de que pueda haber la suficiente para que penetre sin interrupción el agua

sucia procedente del lavado de las calles, en la alcantarilla.

Las bocas de los sumideros se hacen de piedra o de fundición, pudiéndose en este último caso dejar en la parte superior tan solo un espesor de 1 cm. en beneficio de la altura de la abertura. Para poder hacer más alta la boca en las alcantarillas, basta forzar la pendiente del arroyo en este punto, según puede observarse en la figura 231, pero esto hay que hacerlo con un poco de cuidado, por resultar algún tanto peligrosas para la circulación. En algunas poblaciones esta abertura lleva también un enrejado.

En definitiva, el sumidero es un pozo del que arranca el tubo de acometida a la alcantarilla y en la corona se dispone la boca bien sea de piedra o de fundición. El pozo es de sección circular. En el sumidero de Dresde, figura 231, el pozo se prolonga en un pocillo de sección circular en el que se depositan las substancias pesadas que el agua arrastra.

Todos los sumideros que hasta ahora hemos indicado permiten la comunicación directa de la alcantarilla con el aire exterior, pero los hay también con sifón que impide esta libre comunicación y entre ellos el tipo de la figura 232. En el pocillo indicado existe una caja que se puede sacar,



La parte metálica es de
planta cuadrada
El pocillo circular
Fig. 231

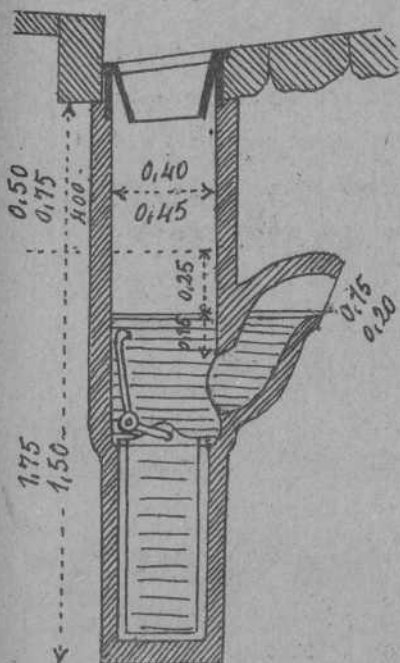


Fig. 232

para proceder a la limpieza.

Hemos citado, pues, tres tipos diferentes de sumideros: uno con comunicación libre de la alcantarilla con el exterior sin depósito de sedimentación, otro con comunicación libre con el exterior pero con depósito y finalmente

otro con depósito de sedimentación y desprovisto de la comunicación directa de la alcantarilla con la atmósfera. Vamos a hacer comentarios para deducir cual de los tipos es el más conveniente.

Al principio, cuando las alcantarillas no reunían las condiciones debidas, se producían estancamientos y sedimenta-

ciones que convertían el alcantarillado en un inmenso pozo negro, por lo que había interés en sifonar todas las bocas, pero hoy día, en que todo se determina de modo que no puedan producirse esos estancamientos y las aguas negras salen de la población antes de que puedan entrar en putrefacción, no hay peligro de que se produzcan malos olores y por consiguiente no hay razón para hacer el sifonado. Además, es necesario que el aire circule, sobre todo en las alcantarillas transitables y se debe favorecer la entrada y salida del aire.

En Madrid los sumideros son del tipo de París, figura 230, que en el verano suelen dar mal olor debido a que las paredes del pozo y tubo de acometida quedan impregnados de substancias en condiciones de temperatura y de humedad muy adecuadas para que entren rápidamente en putrefacción.

Estos mismos malos olores se observan durante el verano, en las casas, debido no a los gases que puedan desprenderse de las alcantarillas, sino a que por abandono del inquilino, el agua de los sifones en los retretes, etc., se evapora y los olores que desprende la materia adherida a las paredes de los tubos de bajada, son los que se espar-

cer por la atmósfera, dando la impresión de provenir del alcantarillado.

En cuanto al depósito de sedimentación se puede deducir que no es necesario, puesto que lo que el agua arrastra por la calle mejor será arrastrado en el interior de la alcantarilla; por otra parte, toda la suciedad que en ellos se recoge entra en putrefacción y aún cuando ésto se podría evitar en parte, limpiándoles el cieno después de los aguaceros principalmente y no se puede llevar a la práctica por el mucho personal que se necesitaría.

Para facilitar la limpia de los depósitos, se puede adoptar la forma ya indicada en la figura 232, con lo que se recoge fácilmente el depósito tirando con un gancho de la anilla y vertiéndolo sobre carros encargados de este servicio de limpieza.

Los depósitos pueden ser necesarios, desde luego, en algunos casos, como en calles excepcionalmente malas con afirmados de piedra machada mal conservada, que dan mucho polvo o lodo y pueden producir verdaderos atascos, siendo necesario, en estos casos, que los depósitos sean de bastante capacidad.

En resumen, se desprende de todo lo

Ing.^a sanitaria 69

dicho, que lo mejor es poner en comunicación directa con las alcantarillas a condición de que éstas tengan la pendiente y sección necesaria para una buena evacuación.

---:---:---:---:---:---:---:---:---:---

XX

- L X I -

LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS. Digimos al tratar del trazado de las alcantarillas, que había que disponer en los arranques depósitos de agua para la limpieza de las mismas. En el sistema separado, como los conductos son de secciones pequeñas, la extracción de los depósitos se hace muy difícil y es una medida que se considera hoy como indispensable la producción de descargas de agua periódicamente, una, dos o tres veces al día, para inundar las canalizaciones produciendo un lavado tanto más eficaz cuanto menor sea la longitud y mayor la pendiente del trozo de la alcantarilla. Estos depósitos se disponen lateralmente o en el recorrido y en ellos se almacena, ya las aguas de lluvia, de la alcantarilla o bien se toman de la distribución de aguas de la población. El volumen de agua que se gasta en cada descarga

varía con la longitud y la acción de los conductos y suele estar comprendida entre 2 y 5 metros cúbicos.

Los mismos registros pueden servir de depósito de descarga; si en un registro ordinario en el que concurren varias alcantarillas ponemos un tapón en la boca de salida, el agua se elevará en él y siguiendo las pendientes de las alcantarillas que en él concurren y llegará hasta los registros próximos; pues bien, cuando el agua llegue a obturar el aliviadero que indispensablemente se ha de poner para que el agua no salga por los sótanos y las bocas de los registros, no hay más que quitar el tapón para obtener la descarga de este depósito, figura 233. Para quitar el tapón se le pone una anilla a la que se ata una cuerda que se la hace pasar por una polea de cambio de dirección fija entre dos maderos que se ajustan bien contra las paredes del pozo por medio de un tensor.

En las alcantarillas ovales no se puede hacer ésto sino que hay que poner verdaderas compuertas de hierro que se maniobran a mano cuando son pequeñas y por medio de engranajes y volantes cuando las dimensiones son grandes.

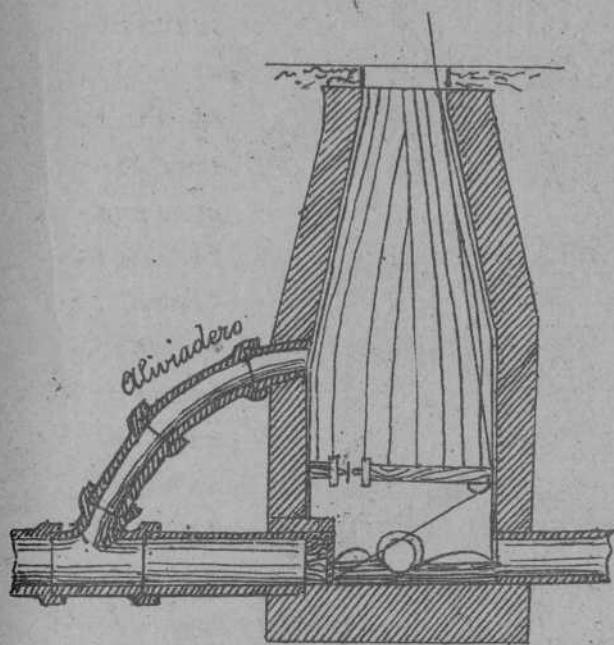
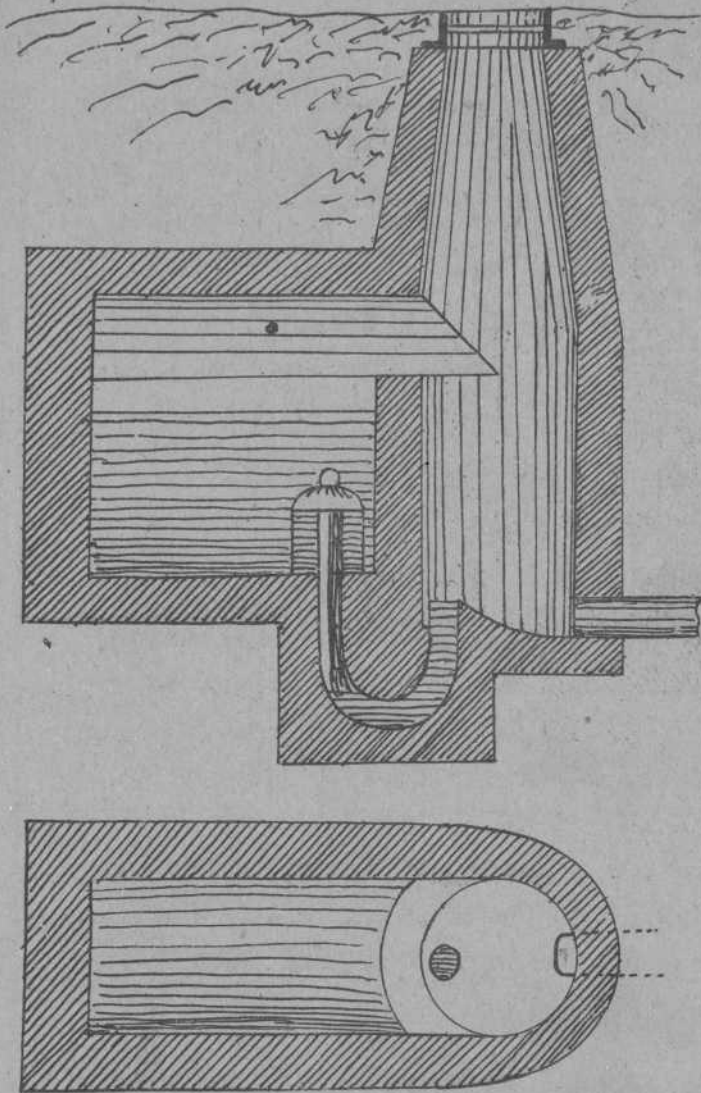


Fig. 233

En los
orígenes de
las alcanta-
rillas se
construyen
depósitos
interponien-
do un regis-
tro, figura
234; en el
encuentro de
las dos bó-
vedas se de-
ja una abe-
ertura que sir-

ve de aliviadero a la vez que de comunica-
ción con el depósito para que el aire circule
libremente y no se comprima. El depósito
comunica con el pozo de registro por medio
de un tubo y el agua puede descargarse a ma-
no o automáticamente.

Para la maniobra a mano es suficien-
te hacer un orificio en la bóveda del depó-
sito y en la vertical del tubo desde el que
se maniobra el aparato de cierre por medio
de una cadena. El fundamento de la descarga
automática es el mismo en los diversos mode-
los de aparatos que se han ideado con este



fin; que difieren unos de otros en las disposiciones adoptadas para darles robustez y sobre todo asegurar el buen funcionamiento.

Consiste, en esencia, en una campana invertida que recubre

Fig. 234

el tubo de comunicación, figura 234. Al entrar el agua en el depósito, penetra en el espacio anular comprendido entre el tubo y

la campana comprimiendo el aire en él encerrado en el supuesto de que la rama inferior del sifón así formado esté obturada por el agua de la descarga anterior; se produce así una diferencia de presiones entre el interior y el exterior que aumenta con la altura de agua en el depósito, llegando un momento en que la presión interior excede a la exterior desprendiéndose entonces burbujas de aire que al ser reemplazadas por el agua ceban el sifón y se produce la descarga automática, que dura hasta que al disminuir la cantidad de agua en el depósito su nivel llega al borde del depósito en la campana.

Esta disposición sencilla tiene inconvenientes cuando el calibre del grifo que alimenta el depósito es muy pequeño, que es lo que ocurrirá cuando la descarga sea de 2 metros cúbicos, por ejemplo, y se haga dos veces al día, con lo cual el grifo tendrá que dar 2.000 litros de agua cada 12 horas; en tal caso cuando llega el momento crítico de cebarse el sifón, como el tubo de éste es de diámetro grande y el nivel del agua sube lentamente, al llegar al borde del sifón empieza a discurrir por las paredes del tubo sin que el sifón se ceba, porque los niveles per-

sifón que asegura el cebamiento.

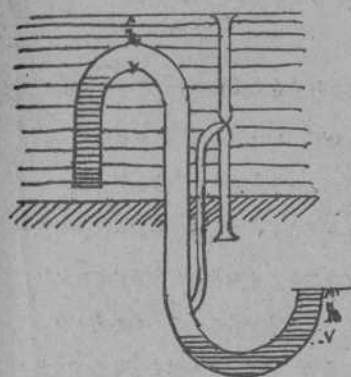


Fig. 236

Hay otros muchos sistemas que no citamos por sus analogías con los descritos y el Ingeniero al hacer el estudio del alcantarillado no necesita idearlos, sino que son artefactos que se encargan a las casas constructoras y lo

que sí precisa es proyectar los depósitos, para lo cual ha de tener en cuenta el tipo de aparato.

Estos aparatos, como vemos, producen el mismo efecto que los de descarga de los retretes, o sea, limpiar la alcantarilla con una pequeña cantidad de agua. Se ponen en la cabeza de las alcantarillas y pueden alimentarse con agua de la distribución, pudiéndose utilizar también para alimentarlos el agua de acequias o canales de riego próximos.

Para fijar la forma del depósito hay que atender a las condiciones de la calle, pues depende de la cota de ésta y casos habrá en que convenga hacer un depósito acoble en puntos de las divisorias de los que par-

ten una alcantarilla a cada lado. Se pueden construir durante la explotación al costado de las alcantarillas en los puntos donde se produzcan depósitos.

CONSTRUCCIÓN DEL ALCANTARILLADO. Ya digimos que se solían empezar estas obras desde los puntos bajos a los altos, porque así es más cómoda y sencilla la construcción, pues al encontrarnos con aguas subterráneas se las pueda dar fácilmente salida mientras que empezando la construcción en sentido inverso, habría numerosos casos en que se tendrían que emplear aparatos de agotamiento.

Lo primero que hay que hacer es el replanteo de los colectores principales, de los puntos de confluencia y de los registros, midiendo bien las pendientes, porque todo lo que se ha proyectado se ha de realizar y tratándose de conducciones de agua las pendientes son de la mayor importancia, debiéndose evitar las contrapendientes que son propicias para la producción de estancamientos. Como las alcantarillas van generalmente por el eje de la calle, para efectuar su replanteo hay que hacer referencia a puntos fijos situados en la zona que no se va a remover para que no desaparezcan, como por ejemplo, las aceras.

---:---:---:---:---:---:---:---

Al hacer la excavación se van echando los materiales a un lado con objeto de molestar lo menos posible al tránsito, el montón de tierra que se forma pudiera invadir la acera y para no interrumpir la circulación por ella, se pueden poner, figura 238, unos tableros unidos con tirantes, de modo que las tierras por su peso impidan el vuelco de aquellos.



Fig. 237

No conviene echar los productos de la excavación a los dos lados, para que haya espacio donde situar los materiales de construcción.

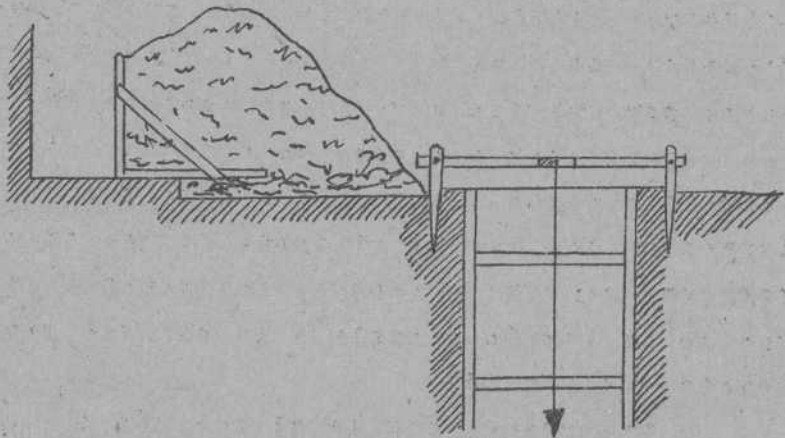


Fig. 238

Las zanjas han de tener el mínimo de anchura necesaria y sus paredes verticales, para evitar la extracción de un volumen gran-

de de tierra que produciría muchas molestias. Para construir las zanjias en estas condiciones es necesario instalar entibaciones que serán de mayor o menor importancia dependiendo de la dureza del terreno; las entibaciones se pueden reducir a unos cuantos tabloncitos sostenidos por montantes verticales y cordales horizontales apretados con cuñas o también disponerlos verticales sujetos entre marcos horizontales sostenidos igualmente con cordales horizontales.

Al hacer las zanjias se pueden aprovechar los cordales para instalar plataformas escalonadas que facilitan las operaciones cuando no se emplean aparatos mecánicos.

El fondo ha de tener las dimensiones necesarias para que quepa la obra y los obreros puedan trabajar; si se trata, por ejemplo, de tener un tubo de 40 cm. no se le puede dar al fondo este ancho sino que además hay que dar como mínimo 0,15 a cada lado.

Las tierras que han de sobrar al hacer el relleno, se las va llevando en volquetes a los vertederos, sin perjuicio de que luego haya que hacer una reposición.

Todo lo dicho es referente a cuando se trabaja en terreno seco, pero nos podemos encontrar con terrenos aguanosos, lo cual es

una dificultad que hay que resolver. En estos terrenos se puede variar el procedimiento de entibación empleando el sistema de tablestacas, sujetándolas después con maderos formando marcos horizontales. Al hacer la excavación se va haciendo un desagüe a un lado o en el centro de la zanja que se puede aprovechar después para el saneamiento, figura 239, poniendo tubos de avenamiento

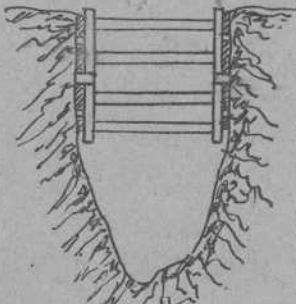


Fig. 239

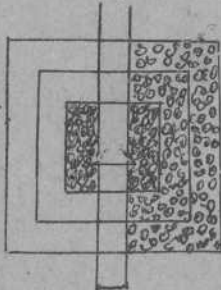


Fig. 240

con las juntas abiertas rodeadas de grava; para disponer de la forma más conveniente la grava de los tubos, se puede hacer uso de dos o tres cajones de madera, figura 240, concéntricos, llenando los huecos que quedan entre ellos con piedras de distinto tamaño y descendente a partir del tubo hacia fuera. Si no hubiese desagüe natural, se puede poner un canal lateral y elevar el agua de las zanjas con bombas.

En el primer caso, una vez construido el drenaje, se cubre la zanja de desagüe y se continua la obra sobre terreno seco.

Antes de seguir adelante conviene preparar bien el fondo de la zanja, pues luego quedan muy facilitadas las operaciones del asiento; se recorre la zanja y sirviéndose de niveles con las miras correspondientes, se fijan estacas que nos servirán de guía para igualar la superficie del fondo de la zanja, añadiendo o quitando tierra: Los puntos determinados por las estacas que hemos fijado, son los que se distinguen en el plano con las cotas rojas, a diferencia de las correspondientes al nivel del agua que son las cotas azules.

Después de bien preparada la zanja y replanteada la rasante, se empieza la construcción de la alcantarilla que vamos a estudiar en dos casos: ya se trate de tubos o galería.

Ya digimos que los tubos más corrientemente usados son los de grés, lisos, bien barnizados para que no sean atacados por las aguas ácidas o alcalinas que, como sabemos, atacan al hormigón; han de ser también uniformes, sonoros y resistentes a la presión exterior, pues no hay que contar con la interior. Los tubos se deben probar sometiendo a presión exterior. Se rompen como indica la figura 241. Del valor de la carga

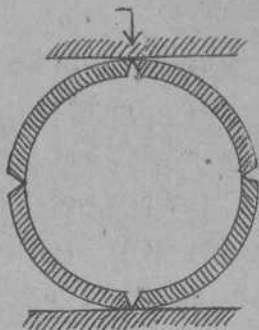


Fig. 241

aislada que origina la rotura se puede deducir, por las fórmulas de la Mecánica aplicada, la resistencia del material, y por tanto, si resistirán la presión de las tierras a que han de estar sometidas en obra.

Estos tubos dan a la compresión una resistencia de 1,700 kg. por cm^2 y de 70 kg. a 80 kg. por cm^2 a la tracción, siendo conveniente adoptar un coeficiente de seguridad.

Con la casa constructora varía la longitud útil de los tubos, estando comprendida entre 0,60 y 1 metro. El espesor de los tubos está dado por las fórmulas:

$$e = \frac{L}{20} + 10 \quad \text{y} \quad e = \frac{D}{10} + 15 \quad \text{''} \quad e = \frac{D}{10} + 20$$

(en milímetros); aplicándose la primera cuando se trata de los tubos de grés y las otras dos cuando son de hormigón.

Los tubos se acoplan a los lados de la calle y poco a poco se bajan a la zanja, teniendo cuidado de que no se rompan.

El hormigón es atacado por las substancias que se desarrollan en la putrefacción o bien que vayan contenidas en las aguas industriales y por ésto se debe restringir su

empleo y hacer los tubos de grés, por lo menos hasta alcanzar 0,50 metros de diámetro, aunque resulten más caros que los de hormigón.

Arreglado el fondo de la zanja, hay que preparar rebajos para alojar los enchufes con el fin de que los tubos queden apoyados en toda su longitud. Se empieza por un registro cuyo fondo se construye de hormigón; se coloca la embocadura del primer tubo y se van presentando los tubos siguientes, teniendo cuidado de que queden limpios en el interior y de que si alguno tuviese alguna imperfección, ésta quedase en la parte superior dejando la inferior completamente lisa y uniforme, siendo necesario que cada trozo de alcantarilla quede en recta lo mismo vertical que horizontalmente, lo cual se comprueba, poniendo en el registro una lámpara con un reflector y por lo reflejos que producen las paredes brillantes de los tubos, se ven a ojo las imperfecciones. Como estas observaciones no se pueden hacer muchas veces directamente por falta de sitio, se puede disponer en la boca del tubo un espejo a 45° con lo que podrá llevarse a efecto la comprobación sin molestia de ninguna especie.

Puede hacerse la comprobación de la pendiente de los tubos ya puestos en obra por

medio de una regla y un nivel, colocando en el extremo de aquélla tacos correspondientes a la diferencia de nivel que haya de existir entre los extremos de la regla.

Colocados los tubos, se hacen los empalmes de distinta forma, según ya hemos indicado en conferencia anterior. Lo más frecuente es hacerlo con mortero de cemento que tiene el inconveniente de dar gran rigidez a la junta, que da lugar a roturas si se produce algún asiento. No se debe emplear el cemento puro sino el mortero de cemento en la proporción de 1:1 o de 1:2. Antes de usarlo conviene colocar filástica en la junta con el fin de que el cemento no entre, pues al fraguar en el interior se alteraría la forma de la sección. Se introduce y comprime con la paleta y en lugar de hacer cortes verticales en el anillo exterior, se dan cortes a 45° formando una superficie cónica, figura 242; además para evitar que el mortero se

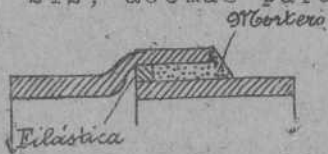


Fig. 242

caiga de la junta, se sujeta por medio de una envoltura de trapo hasta que se verifique el fraguado. Los tubos de grés van fileteados por ambos lados,

para dar mayor seguridad a la junta.

ACOMETIDAS. Hecho el estudio del asiento de los tubos, hemos de hablar también de las acometidas en las alcantarillas tubulares y en las de sección oval. En las alcantarillas tubulares, se hace como se indica en la figura 243, mediante el empleo de una pieza

con un ramal, que viene ya hecho de la fábrica.

El ramal es de 0,15 m. de diámetro, que es muy suficiente para las acometidas particulares.

Al construir el alcantarillado es necesario poner estas piezas especiales con sus ramales, de trecho en trecho, pues de no hacerlo así, habría que

romper los tubos cuando hubiese necesidad de ejecutar una acometida. Esto tiene que preverse de antemano y frente a cada casa se coloca un tubo de esta clase, en donde le parezca al Ingeniero o en el punto que indique el propietario de la finca. Se deben poner también frente a los solares, en previsión de futuras construcciones.

En estos ramales de acometida, que han de tener su utilización con posterioridad,

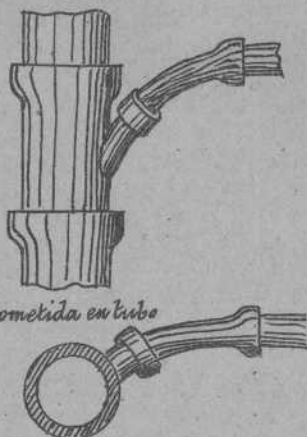


Fig. 243

hay que poner un tapón en lugar de codillo, que se hace de grés y no conviene ponerlos al colocar los tubos en la zanja, pues podría entrar mortero y lo que conviene es traer ya los tubos con los tapones puestos y hechas las juntas. El injerto o ramal conviene ponerlo como indica la figura, a 45° descomponiendo por encima del diámetro horizontal.

Algunos Ingenieros prescinden de estos injertos y los emplean en ángulo recto colocados verticalmente, con lo cual la acometida en lugar de estar hecha al costado va en la parte superior; el efecto que por este procedimiento se obtenga viene a ser el mismo que el que se obtiene por el procedimiento anterior.

Colocados los tubos en la zanja, antes de hacer el relleno conviene hacer pruebas con ellos, para lo cual en el registro en que termina un trozo de alcantarilla, se coloca un tapón y en el registro de origen se pone un codillo y tubos verticales, en los que se echa agua hasta llenar la tubería limitada y se ve si a lo largo de ella se observan pérdidas. Caso de existir se reparan y después se procede al relleno de la zanja, quitando a la vez las entibaciones.

Para hacer el relleno hay que tomar

precauciones; se debe tener cuidado y acuar bien el tubo por debajo y apisonar con igualdad por los costados empleando tierra escogida hasta una altura de 30 o 40 cm. por encima del tubo, cuidando de que no existan piedras próximas a los tubos; encima ya la tierra puede ser de cualquier clase la cual se va echando por tongadas de poco espesor y se aprietan con pisones pequeños de unos 2 o 3 kg. El afirmado de la calle no se repone inmediatamente después de terminado el relleno, pues se producen asientos por ir las tierras tomando lentamente su capacidad primera y se forman baches que obligarían a una nueva reparación. Cuando el suelo está perfectamente asentado, de modo que ya no sean de temer esas depresiones, es cuando se repone definitivamente el afirmado.

Cuando se trata de alcantarillas en galería, cualquiera que sea su forma, se hacen de mampostería, ladrillo u hormigón. Las zanjás se abren de idéntica manera que si se tratase de tubos, sustentando las paredes con entibaciones arriostradas con cordales y que pueden ser continuas o discontinuas, dependientemente de la naturaleza del terreno. Si el terreno es duro, se le da al fondo de la zanja la forma que ha de tener, lo que pudié-

ramos llamar el tradós del fondo, de modo que sirva de molde a la construcción, figura 244. Sobre este fondo preparado, los obre-

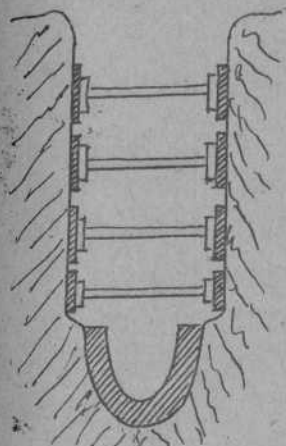


Fig. 244

ros van construyendo la alcantarilla hasta los arranques y otros vienen después colocando los galápagos y construyendo la bóveda. Cuando la fábrica es de hormigón, la figura 245 nos representa en un corte longitudinal y otro transversal los distintos periodos de la construcción. El terreno se supone que es lo suficientemente estable para que sirva de molde y el complemento de él, está constituido por

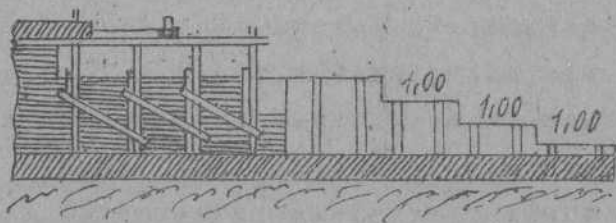
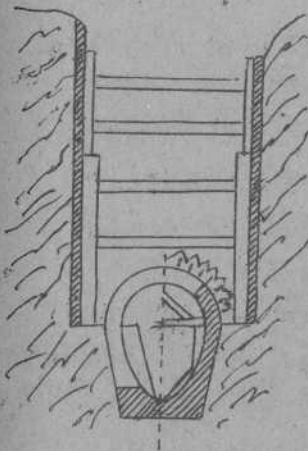


Fig. 245

una serie de cerchas formadas de camones y listones y se vierte entre ambos el hormigón, haciendo la obra escalonadamente, pues dado el reducido espacio que ocupan estas construcciones, los obreros han de trabajar por grupos de reducido número. En los cedaes se pueden disponer plataformas para la fabricación del hormigón y facilitar al mismo tiempo, la introducción de materiales, que también puede hacerse por procedimientos mecánicos, pero todo esto depende de la organización de los trabajos, que a la vez varían con las circunstancias locales.

Terminada la obra hasta los arranques, hay que poner por el trasdós, cimbras análogas a las anteriores, formando moldes para poder retacar o apisonar el hormigón. Para continuar la obra, conforme se va terminando cada trozo, se corren los galápagos y moldes.

Cuando las alcantarillas se hacen de ladrillo, su construcción es mucho más sencilla; pues solo se requiere el galápago para el volteo de la bóveda maestra, para los costados y fondo. La figura 246 representa una alcantarilla de ladrillo, con dos sistemas de acometidas. Aún cuando la construcción se haga de ladrillo, el fondo se hace de hormigón y en muchas alcantarillas se toma la



Acometidas en ovales

Fig. 246



Fig. 247

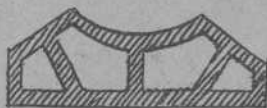


Fig. 248

precaución de revestir el fondo con piezas de grés, representadas en las figuras 246, 247 y 248, pues el hormigón puede ser atacado por las aguas ácidas.

Las figuras 247 y 248 representan el asiento para la misma sección de alcantarilla, pero tiene distinto ancho en la base para tener en cuenta la naturaleza del terreno de cimentación. Los huecos que quedan

entre los nervios de estas piezas se rellenan de

hormigón y otras veces los tubos que forman al ponerlas en obra, se utilizan para llevar a cabo el avenamiento del terreno.

Para hacer la acometida en estas alcantarillas, no hay inconveniente en romperlas abriendo un agujero en el costado y cuando se prevee durante la construcción de la alcantarilla la situación de los puntos en que se han de hacer acometidas, se disponen

XX

- L X I V -

Hemos hablado ya de la construcción de las alcantarillas en zanja, que es el procedimiento que con más frecuencia se usa, pero hay casos, como sucede en Madrid, que por ir muy honda la alcantarilla, hay que abrir una zanja profunda y extraer un volumen muy grande de tierras, siendo ventajoso entonces hacer la construcción de en mina, que es por lo general más cara que en zanja.

Para la apertura de minas, se calan una serie de pozos a distancia variable, alrededor de veinte metros; en la boca de cada pozo hay que construir un bastidor, en el cual se coloca un torno que sirve para elevar los productos de la excavación, para introducir los materiales y para entrada y salida de los obreros. Las dimensiones de la mina no permiten trabajar más que a un hombre de frente, de modo que si se quiere lle-

var las obras con rapidez, hay que multiplicar los puntos de ataque. De cada pozo arrancan dos minas, una a cada lado, y como en cada una no puede trabajar más que un obrero, una obra rápida implica la apertura de muchos pozos.

En estas minas es necesario para no perder tiempo, ni hacer trabajo inútil, que los hombres vayan trabajando en la enfilación de la alcantarilla, de modo que se encuentren cada dos, en la alineación de los pozos y como un hombre metido en la mina no sabe con precisión la dirección en que ha de minar, es necesario darle medios de orientación; para ello en el torno que se apoya con montantes y tornapuntas en el bastidor, se cuelgan dos plomadas que marcan la alineación, de suerte que el operario a medida que trabaja, para orientarse se vuelve de vez en cuando y ha de ver ambas plomadas en la misma dirección. Cuando la distancia es corta, puede no ser necesario fijar la rasante, pero sí cuando es larga y puede replantearse por el mismo procedimiento.

Una vez que las dos minas se han encontrado, se hace el replanteo definitivo de la rasante y luego se construye la galería, lo cual no ofrece dificultad, debiendo tener

cuidado de macizar bien los huecos que quedan entre la fábrica y el terreno.

Otras veces hay que construir en mina los emisarios y colectores y se tropieza con terrenos malos, que obligan a construir entibaciones, siguiendo los procedimientos que se aplican en la construcción de túneles.

CANALIZACIÓN EN LOS EDIFICIOS. Para que las casas reúnan las condiciones precisas de salubridad, es necesario instalar en su interior, una red de canalizaciones o tubería que viene a ser como un alcantarillado en pequeño, con el fin de asegurar la rápida evacuación de las aguas sucias sin que tengan tiempo de entrar en fermentación.

Con este objeto se deben instalar bocas de evacuación, en todos los puntos de la casa en que se produzcan aguas perjudiciales, como en la cocina, cuartos de baño, retretes, etc. Todas estas bocas se ponen en comunicación con tubos verticales, para que el movimiento sea rápido y por esto conviene que los aparatos donde se producen las aguas sucias, estén colocados en los distintos pisos unos sobre otros, para economizar metros de tubos de bajada.

Los tubos de bajada al llegar al suelo, se prolongan buscando el camino más cor-

to, para marchar a la alcantarilla con la pendiente necesaria para que la velocidad del agua no sea pequeña, pendiente que, como sabemos, no debe bajar de un 1 %, ni exceder de un 30 %.

Los tubos de las acometidas suelen ser de 1 cm. de diámetro, que es más que suficiente, no ya solo para el servicio de una casa, sino también para el de un cuartel, hospital, etc. Los tubos de bajada pueden tener a lo sumo 10 cm. aunque se tiende a hacerlos de mayor diámetro, porque dicen que se obstruyen menos, pero éstas no son de temer existiendo aparatos de descarga y cuando no se echan residuos sólidos.

Actualmente la gente sabe que por estos conductos de evacuación solo se han de echar las aguas sucias y no conviene hacer los tubos de bajada de gran diámetro. Además, como el agua de las descargas o de la evacuación hace de émbolo, el efecto que produce es mayor cuando el diámetro es pequeño que no cuando es grande; los tubos de diámetro excesivo se recubren con costras que entran en putrefacción, desprendiendo malos olores, que el inquilino cree proceder de la alcantarilla.

Los materiales que se emplean son:

hierro, zinc, plomo y grés. Como estos tubos no están sometidos a presión externa ni interna, se pueden hacer muy ligeros. Los tubos de zinc se utilizan para los desagües de las aguas pluviales, aun cuando también se emplean de hierro colado, especialmente a la altura de los zócalos.

En vista de la posible producción de malos olores y gases perjudiciales que pudieran introducirse en las habitaciones, se toman precauciones especiales. Para esto hay que asegurar la impermeabilidad de las juntas, proveyendo a todas las bocas de desagüe de una obturación hermética, por medio de sifones hidráulicos, que son, figura 249, unas S de plomo, que en la parte baja suelen tener un tapón atornillado, principalmente en las cocinas, donde son más frecuentes las obstrucciones. No basta disponer un sifón en la acometida general, pues



Fig. 249

así quedarían por combatir los malos olores y gases que se produjeran en los tubos de bajada. Todos los retretes deben estar sifonados, figura 250. En la taza del retrete desemboca el tubo que sirve para la descarga de un depósito de agua de 8 a 10 litros de cubica, que se coloca a cierta altura y

que se manobra a voluntad tirando de una

cadena.

Para alimentar el depósito, de la cañería general se hace una toma con tubos de pequeño calibre, cuyo orificio de entrada en el depósito se obtura por medio de un tapón unido a un flotador y que se cierra al llegar el agua a una cierta altura; al tirar de la cadena para obtener un golpe o descarga de agua, se mueve un mecanismo que puede consistir en un tapón que se mantiene levantado mientras se vacía el depósito.

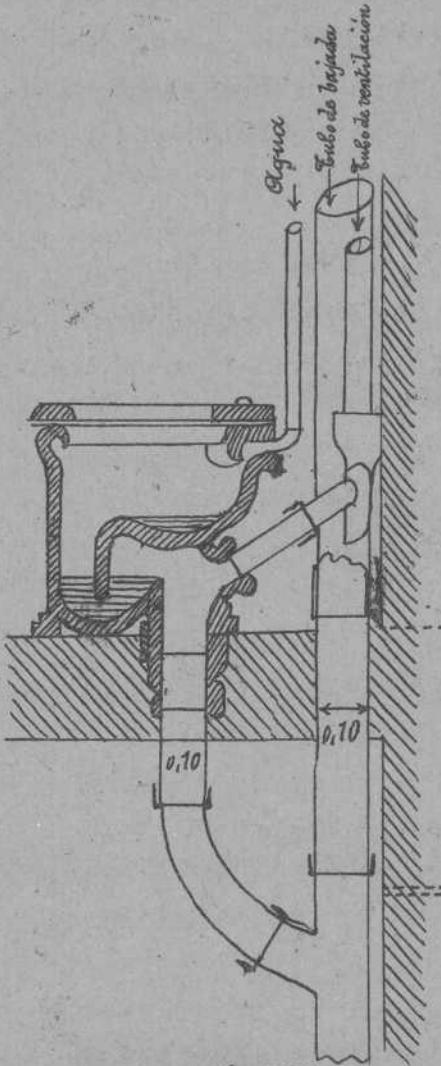


Fig. 250

Esto resulta algo molesto y se adopta la válvula de sifón, figura 251, que consiste en un tubo encorvado en S que atraviesa el fon-

do del depósito, comunicando con el tubo de desagüe, estando la rama inferior cubierta con una campana que se acciona con la cadena, por medio de una palanca. Su-
puesto descargado el depósito y puesta la comunicación con la red general, el agua empieza a llenar el depósito, comprimiendo el aire de la campana, hasta que el flotador realiza la obturación; al tirar de la cadena se levanta la campana, el aire comprimido se dilata, se ceba el sifón y ya se puede soltar.

Una válvula análoga a la anterior, es la de la figura 252.

Al tirar de la cadena, se levanta el tapón y el agua penetra en el tubo arrastrando el aire, lo cual determina el cebamiento del aparato.

En los urinarios se emplean aparatos análogos, que funcionan automáticamente.

Todos los orificios de evacuación, se deben sifonar, según hemos repetido ya varias

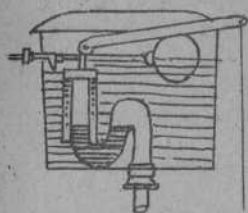


Fig. 251

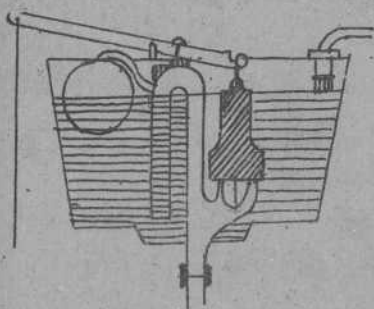


Fig. 252

veces, pero no la acometida general, ni el pie de los tubos de bajada, pues el peligro no está en la alcantarilla, sino en los tubos, y tales sifones no harían más que dificultar la ventilación.

En los patios conviene instalar sumideros sifonados.

Hay muchos sistemas de retretes, que han pasado a la historia y hoy solo se usan los watter-closset o inodoros, figura 250. La taza de los retretes generalmente es de porcelana y se empalma a la acometida con los tubos de bajada, por medio de un tubo de plomo. En la parte superior del sifón hay un taladro al que se ajusta un tubo de 4 o 5 cm. de diámetro que se une por el otro extremo a una chimenea ventiladora, pues para el buen funcionamiento del sistema, es indispensable que estén bien ventilados los tubos de bajada y las tazas.

Se puede utilizar como chimenea de ventilación el mismo tubo de bajada de aguas, prolongado por encima del tejado de la casa, pero con esta disposición se pueden descebar los sifones, pues por aspiraciones o compresiones que pueden producirse en el tubo de bajada, de esta forma, dejarán de interceptar el paso de malos olores.

Se evita este inconveniente comunicando el orificio de ventilación de los sifones con otro tubo (Figura 250) que puede terminar por encima del tejado o unirse a la tubería de bajada a mayor altura de los retretes del último piso.

De esta manera, al descender por el tubo de bajada una masa de agua, la aspiración afectará solo al aire que circula por la chimenea de ventilación, quedando tranquila el agua del sifón que seguirá produciendo el cierre hidráulico.

---:---:---:---:---:---:---:---:---

en los estancamientos hay putrefacción y miasmas (según frase vulgar). Pero todo esto ha pasado a la historia y solamente flotan en el aire algunas toxinas que pueden producir envenenamientos en casos muy especiales, no habiéndose podido probar que los mal llamados miasmas produzcan enfermedades. De todos modos, cuando huelen mal las alcantarillas, el vecindario se queja y hay que tratar de evitarlo.

Se comprende que con un alcantarillado de esas condiciones se piense en aislar las casas de la alcantarilla y nace la idea del sifón de pie, del sifonado de los sumideros y de tapar los agujeros de los registros, con lo cual se agrava el mal por suprimirse la ventilación.

En vista de lo dicho, se pensó en recurrir a procedimientos especiales para asegurar la ventilación, cuando las alcantarillas comunican con las calles y las casas por medio de orificios sifonados, estableciendo bocas especiales para la penetración del aire y otras para su evacuación en las que se hacía una llamada energética de aquel fluido por medio de un foco calorífico o de un aparato mecánico. Para llevarlo económicamente a la práctica se aprovechó la llama de los faro-

les de gas y hasta se construyeron elevadas chimeneas que lanzaban a gran altura el aire infecto de las alcantarillas.

Este sistema de ventilación, supone instalaciones complicadas y costosas y su eficacia es muy problemática.

Hoy día no se realiza nada de esto porque las alcantarillas se construyen mejor, y no se hacen de fondo plano; se estudian bien los enlaces, las formas de las secciones y las pendientes para que el agua circule con velocidad suficiente sin formación de sedimentos, con lo cual no existe el peligro de la putrefacción en las alcantarillas.

Los inodoros se emplean actualmente hasta en poblaciones sin abastecimiento de agua, en las que se disponen en los sitios altos depósitos que se llenan con agua acarreada de las fuentes públicas para alimentar los depósitos de descarga que favorecen la dilución y por consiguiente el arrastre en canales de sección circular u oval, sin desprendimiento de malos olores y miasmas, pues sabemos que la materia putrescible no empieza a fermentar inmediatamente, por lo cual han desaparecido todas esas complicaciones que imprescindiblemente había que idear para asegurar la aireación de los alcantarill-

llados antiguos y se obtiene la ventilación dejando abiertos los sumideros, poniendo aberturas en los registros, por las acometidas de las casas, con sus tubos de bajada, en número de tres como mínimo por casa, habiendo muchas con cuatro o cinco, que son otras tantas chimeneas de ventilación; en los tubos de bajada que reciben directamente la acción de los rayos solares, se establece una corriente de aire, porque al calentarse se produce un desnivel térmico, aparte de que en las alcantarillas, se originan depresiones importantes, por la variación del caudal que circula por ellas, determinando la variación de la atmósfera sobre todo en los grandes aguaceros.

Adoptando este sistema de ventilación, reuniendo el alcantarillado las condiciones tantas veces indicadas, las alcantarillas se pueden vigilar para evitar los estancamientos posibles y la putrefacción consiguiente y no habiendo putrefacción, no puede haber desprendimiento de gases que serían peligrosos para la salubridad de la población y particularmente para los encargados del servicio de vigilancia.

Ahora bien, es posible que se presenten los malos olores en algunos sitios y en-

tonces hay que acudir a poner remedio inmediato; cuando salen de un sumidero son debidos a formarse en ellos depósitos de estiércol y entonces se recurre a limpiarlos, haciendo uso de corrientes internas de agua.

Además, el aire de la alcantarilla, no es tan sensible como se cree vulgarmente, hasta el punto de que suele ser más puro que el de la calle cargado de polvo, puesto que es difícil que los gérmenes del agua se desprende y en cambio es mucho más peligroso para la propagación de epidemias el polvo que se forma en la calle. Los alcantarilleros no sufren enfermedades anormales, ni más que en otros oficios, según resulta de observaciones hechas en París y en otras poblaciones, hasta el punto de que el oficio de alcantarillero es de los más solicitados.

Lo que importa, pues, es hacer bien el proyecto de alcantarillado, adoptando formas y pendientes convenientes para obtener en todos los puntos velocidades superiores a a 0,60 metros, con las que los estancamientos se producen rara vez por causas especiales e imprevistas.

LIMPIA DE ARENA Y CONSERVACIÓN DE AL-CANTARILLAS. Las alcantarillas, lo mismo que todas las obras hay que conservarlas, pues

su duración no es indefinida y conocido es ya el proverbio que dice el que no adoba la gotera, adobará la casa entera.

A pesar de ser estas obras de interés general, hay una gran resistencia a contribuir con fondos a su conservación y reparación, no faltando cuando ocurre algún desperfecto, artículos furibundos de los periodistas poniendo en evidencia a las autoridades, por falta de celo, o a los Ingenieros por su desidia.

El procedimiento de limpia más recomendable, es el de arrastre por el agua por no necesitar ningún aparato especial y ser además automático, exigiendo únicamente una inspección frecuente y la corrección inmediata de los desperfectos que puedan ocurrir. La primera vez que se observen, pueden depender de defectos de construcción o por haberse producido algún asiento o que hayan empleado morteros de mala calidad, o bien por errores del cálculo del proyecto, pues el Ingeniero, no siendo infalible, puede haber sufrido alguna equivocación.

Tiene que haber un personal fijo encargado de la inspección y de la conservación del alcantarillado.

Esta inspección debe hacerse por lo

perfectamente la perspectiva interior, observándose si existe alguna desigualdad. La luz del farol, puede ser eléctrica o de acetileno, que son lo suficientemente brillantes para hacer la observación. La luz puede disponerse sobre un flotador que se echa en la alcantarilla, corriendo entre dos registros, con lo cual se aprecian las roturas, depósitos, etc. y claro está que las anomalías que se observen, se anotan para proceder a la reparación o a la limpieza. Cuando la luz que se emplea es de llama, hay que tener mucho cuidado con los desprendimientos de gases, que pueden proceder de la alcantarilla o de las tuberías de gas del alumbrado, para evitar explosiones. Generalmente esto se averigua bien con el olfato, a menos que por el registro de bajada se haya establecido una corriente de aire del exterior al interior.

Estas inspecciones se hacen en tiempo seco aprovechando las horas de menor circulación, que tiene lugar durante la madrugada, en las que, al mismo tiempo, va menos caudal por la alcantarilla.

En las alcantarillas transitables hay que tomar toda clase de precauciones en evitación de desgracias durante su inspección; para ello se abren los registros extremos de

menos una vez al año. La experiencia fijará los periodos de requisa y limpia más convenientes para una buena conservación, debiendo anotarse los resultados de las observaciones que se efectúen para archivarlos y poder hacer estudios que nos conduzcan al éxito en las reparaciones.

La inspección se hace por los registros siguiendo distintos procedimientos, dependiendo de que se trate de alcantarillas tubulares o alcantarillas transitables, observándose, en ambos casos, aguas arriba del lugar en que tenga lugar una obstrucción, un remanso que nos permite encontrar prontamente dicho punto.

En las alcantarillas pequeñas, se pueden limpiar los depósitos de arena con una especie de azada de mango largo, formada de cañas que se enchufan unas con otras; si la obstrucción es muy compacta, en lugar de la azada, se puede usar una especie de sacacorchos.

Los tubos se pueden examinar desde los dos registros, que comprenden un trozo, bajando por uno de ellos una luz y mirando por el otro, para mayor comodidad con un espejo inclinado a 45° y como en dicho trozo los tubos están en línea recta, se aprecia

trozo, por uno de ellos baja el obrero que ha de hacer la inspección, quedando otros dos, uno en cada boca, dispuestos a auxiliar al compañero y que han de cuidar de que el transeunte distraído no se cuele al fondo del pozo. Terminada la inspección y una vez que ha salido al exterior el obrero, se hace señal al compañero que quedó en la boca de entrada para que cierre y se sigue adelante. En estas inspecciones si se han observado obstrucciones o roturas, se procede inmediatamente a la limpieza o reparación.

La manera de hacer la limpia más elemental consiste en arrastar la arena sedimentada con una azada especial que se adapta a la forma del fondo o cuneta de la alcantarilla. También se pueden emplear aparatos especiales en que marchan automáticamente. Imaginemos una compuerta cuya forma viene a ser la de la sección transversal de la alcantarilla, que se conduce a lo largo de aquella en posición aproximadamente vertical, dejando por debajo una pequeña abertura; entonces se produce un remanso y por la abertura sale el agua con presión suficiente para ir arrastrando las arenas del fondo; para mantener la compuerta en esta posición, uno o dos hombres contrarrestan el empuje

del agua y se puede hacer que funcione automáticamente mediante una varilla con una rueda, haciendo el papel de tornapunta o montando la compuerta en un bastidor vertical con cuatro ruedas que se apoyan dos en la clave y las otras dos en el fondo, con lo cual está perfectamente guiada, pues no se puede caer por los costados merced a su forma especial, figura 253. Este artefacto marcha solo, ha-

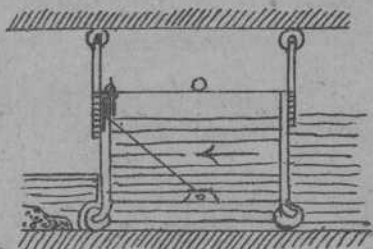
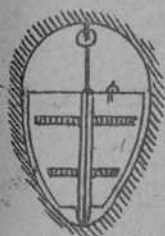


Fig. 253

ce subir el nivel del agua formando remanso hasta que la presión es suficiente para que el agua

escape por debajo arrastrando la arena, con lo cual irá el aparato avanzando poco a poco.

En los grandes colectores con dos andenes se puede aplicar este procedimiento en otra forma. Las dos aristas de los andenes se cubren con hierros en ángulo, que haciendo de carriles, permiten el paso de un pequeño carretón de cuatro ruedas, en el que va montada la compuerta y los mecanismos necesarios para variar su inclinación, a fin de dar salida al agua, figura 254. Este aparato, usado en París, lleva un asiento para el

conductor y un juego de palancas para frenar

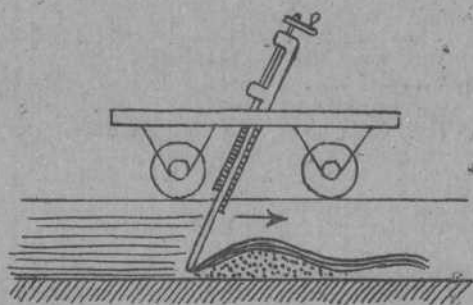


Fig. 254

sobre las ruedas en las pendientes.

Cuando las dimensiones del colector son grandes, se sustituye el carretón por una balsa flotante,

estando dispuesto el resto del mecanismo de una forma análoga.

Así se hace marchar la arena hasta los registros, en los cuales se recoge o si hay cabezas de sifón o aliviaderos, se pueden abrir las compuertas para arrojarla fuera.

En los sifones también se puede aplicar el mismo procedimiento, sirviéndose de una bola de madera de menor diámetro que el de la sección del tubo, por su menor densidad, flota y se desplaza siguiendo la generatriz superior, dejando en la parte de arriba una media luna; el remanso se produce como anteriormente y el agua se escapa por esa abertura arrastrando por su mayor velocidad los depósitos, hasta que la bola aparece por la otra cabeza de sifón, donde se recoge para volverla a utilizar nuevamente.

Cuando las alcantarillas no son tran-

sitables, como ya hemos dicho, hay que recurrir a otros medios, siendo una gran elemento el empleo del agua, que se utiliza por medio de los depósitos de descarga o acumulando ésta en un registro y haciéndola salir cuando haya tomado cierta altura para que trabaje a presión.

El efecto de los depósitos de descarga es eficaz hasta una cierta distancia, que se determina práctica o teóricamente y a partir de estos puntos se puede emplear el procedimiento indicado, tapando las bocas de desagüe de los registros.

---:---:---:---:---:---:---:---:---:---:---

aparatos que recojan la grasa contenida en las aguas residuales, para no dejarla marchar por la alcantarilla, aparatos que pueden consistir en una caja metálica, de forma rectangular, por ejemplo, con un tabique intermedio que deja una abertura en el fondo de la misma. El agua entra por uno de los compartimientos así formados en la caja y dada la menor densidad de la grasa, ésta se queda flotando en él, saliendo el líquido por el otro compartimiento, para verter en la alcantarilla despojado de ese elemento peligroso.

Para corregir las obstrucciones que se observen en los tubos, se puede emplear, en lugar de las herramientas que se manejan con mangos formados por trozos de caña de bambú convenientemente empalmadas, un cepillo cilíndrico o un disco, figura 235, que

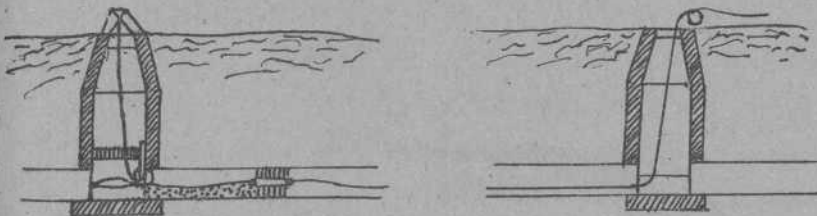


Fig. 235

se mueve mediante una cadena o cuerda arrastrando las substancias que produzcan la obstrucción. La maniobra se hace desde dos regis-

tres próximos situados en los extremos del tubo que se va a limpiar, mediante dos tornos instalados en las bocas de los mismos y una polea de cambio de dirección colocada en la boca del tubo en el registro de aguas abajo, para evitar el roce de la cuerda con la parte o generatriz superior; por el registro de aguas arriba se suelta la cuerda y maniobrando el torno del otro registro el cepillo avanza a lo largo del tubo, produciendo la limpieza. Para poder hacer esto es necesario primero pasar la cuerda, para lo cual se le ata un hilo bramante que a su vez se une por el otro extremo a un flotador que se echa en el tubo y es conducido por la corriente hasta el otro registro donde se recoge, cosa que se puede hacer siempre que las visitas de inspección sean lo bastante frecuentes para evitar obstrucciones totales.

‡

*

*

DEPURACIÓN DE AGUAS NEGRAS

Hemos dicho que el saneamiento debía tender a dos principios fundamentales, el primero a la evacuación rápida de las aguas sucias que se produzcan en la población y el

segundo una vez fuera las aguas sucias de la población, se debe procurar que no perjudiquen a otras poblaciones próximas situadas aguas abajo. Ahora, pues, vamos a ocuparnos de esta segunda parte, o sea, del tratamiento de las aguas de las alcantarillas que llevan multitud de gérmenes que contaminan los ríos, arroyos y manantiales o capas subterráneas que han de alimentar a otras poblaciones; hay, pues, necesidad de quitar al agua de aquellas propiedades que pudieran perjudicar a la salud pública, para lo cual se aplican diversos procedimientos de depuración.

PROCEDIMIENTOS DE DEPURACIÓN DE LAS AGUAS NEGRAS. En primer lugar tenemos el de la dilución por vertimiento directo en las aguas de los ríos o en el mar; otro consiste en tratar las aguas por reactivos químicos y por sedimentación; existen asimismo procedimientos mecánicos, y el de depuración biológica que se puede hacer naturalmente, cuando se dispone de terrenos suficientes para el riego con estas aguas o artificialmente, mediante la utilización de filtros bacteriosos. La materia orgánica solo se puede hacer desaparecer por oxidación.

Vamos a pasar una ligera revista a los

diversos procedimientos indicados de depuración.

EVACUACIÓN DIRECTA A LOS RIOS O AL MAR: CONDICIONES ESPECIALES PARA ESTA EVACUACIÓN. Consiste este procedimiento, en arrojar las aguas negras a los rios, lo cual representa un sistema muy cómodo pero que no debe aceptarse, sucediendo muchas veces que el caudal de aguas negras es mayor que el del rio.

Puede hacerse el vertimiento al mar en las poblaciones marítimas, con lo cual no hay ningún peligro cuando se escoge con precaución el punto de desagüe, que desde luego, no debe estar en los puertos, dársenas o playas, pues cada la estacionabilidad del agua en estos lugares, se acumulan en ellos las inmundicias que entran en putrefacción desprendiendo malos olores; este punto debe elegirse a bastante distancia de la población, en donde las corrientes locales alejen definitivamente de la costa las referidas inmundicias, que las mareas y los vientos, tienden muchas veces en hacer volver a las costas, infeccionando las orillas. Es necesario, pues, establecer la desembocadura de los emisarios en los acantilados donde batan bien las olas y exista la suficiente

profundidad; esto obliga en muchas poblaciones marítimas a la elevación de aguas, por encontrarse el punto conveniente para el desagüe muy lejos y para ganar altura hay que acudir a la elevación. Desde luego que el emisario puede desaguar a uno u otro lado de la población, y cual de los dos debe preferirse.....? Para decidirnos hemos de estudiar las corrientes litorales y el vertimiento se hará aguas abajo de la corriente predominante, como hemos dicho, en sitio acantilado para asegurar el alejamiento de las aguas fecales y se debe procurar no instalar parques o criaderos de ostras y otros mariscos en las proximidades del desagüe.

Cuando no hay mareas, como sucede en el Mediterráneo, en el que las oscilaciones del nivel de las aguas son muy pequeñas, no existen inconvenientes en la determinación del punto de desagüe; en cambio en el Cantábrico, hay que tener esto muy en cuenta para establecer el desagüe final, que puede estar por encima de las más altas mareas, con la ventaja de estar vertiendo constantemente, pero con el inconveniente de que hay que elevar el agua a mayor altura, lo que puede no convenir bajo el punto de vista económico. Puede también instalarse el

XX

- L X V I I -

Ya sabemos que las aguas negras son de composición muy variable y contienen una gran cantidad de materia orgánica e inorgánica en suspensión y en disolución. Antiguamente se empleaba el sistema de desaguar directamente la alcantarillas en los ríos, pero desde hace poco tiempo se ha visto que esto no debe hacerse, por la necesidad de proteger las corrientes superficiales contra toda clase de contaminaciones, una vez que siendo cada día mayores las dotaciones de agua, hay que aprovechar más esas corrientes.

En los ríos se verifica una cierta autodepuración de las aguas por acciones físicas, químicas y sobre todo por las biológicas. Por las primeras depositan las materias en suspensión formando un fango en el que se desarrollan larvas que sirven de alimento a otros organismos mayores.

La materia que va en disolución no se deposita y la materia orgánica va desapareciendo lentamente por un proceso bastante complicado, hasta quedar las aguas de alcantarilla química y bacteriológicamente reducidas a un cuerpo inofensivo para la salud. Si las aguas negras vierten en gran cantidad, se enturbian las aguas del río y se producen en el fondo sedimentos que entran en descomposición, impidiendo el desarrollo de muchos de los micro-organismos que intervienen en esa transformación, que lleva consigo la autopurificación de los ríos, formándose un lozadal de materia orgánica en putrefacción que desprende olores pestilentes. Ha de haber determinada proporción entre el caudal de aguas negras y el caudal de aguas del río, que no se puede fijar fácilmente, pues varía de unas poblaciones a otras y depende de la naturaleza de las aguas negras, o sea, de la clase de industrias establecidas en la población y también de su dilución y del régimen del río.

Puede decirse que, en general, cuanto mayor sea la velocidad y caudal del río, podrá ser mayor la cantidad de aguas negras que se pueden admitir en él, no debiendo ser la dilución menor de $\frac{1}{15}$ a $\frac{1}{20}$ y la velocidad

del río ha de ser superior a 0,60 metros por segundo, que es el mínimo admitido para la velocidad en las alcantarillas.

Las aguas industriales pueden ser antisépticas para los microbios, en cuyo caso hay que filtrarlas para no impedir el desarrollo microbiano.

Sobre todo esto, no pueden darse reglas fijas, y de un modo general debemos decir, que no deben echarse directamente las aguas negras a los ríos, sin someterlas a tratamientos previos, que pueden ser mecánicos, físicos y biológicos.

Los procedimientos mecánicos consisten en llevar las aguas de las alcantarillas a un depósito de sedimentación o hacerlas pasar por una especie de parrilla que les quite las materias que lleve en suspensión. Esto no es suficiente, pues la materia orgánica que lleva en disolución, así como también los microbios, no desaparecen y las aguas después de sometidas a este tratamiento pueden entrar en putrefacción. Se puede considerar como un tratamiento previo para evitar los fangos, pero no como un procedimiento de purificación que no se puede aplicar, desde luego en los ríos de pequeño caudal. Además es un procedimiento antieconómico, pues no

hay compensación entre los gastos de extracción de fangos y el producto que se obtiene de su utilización.

El tratamiento químico suele emplearse como complemento del mecánico.

Hay muchos sistemas de tratamientos químicos, que vienen todos ellos a dar el mismo resultado y en la mayoría la acción principal suele estar encomendada a la cal, pudiéndose emplear otras sustancias tales como: el sulfato féénico, el cloruro féénico, el sulfato y fosfato de aluminio y manganeso, el permanganato, el cloruro de cal, etc, etc.

La acción principal que producen estos reactivos es mecánica o sedimentosa, pues producen precipitados insolubles que al depositarse en el fondo, arrastran las materias que lleva el agua en suspensión, no habiendo purificación completa, pero hay ya algo, porque esos precipitados arrastran materia orgánica y disminuyen la cantidad de microbios. Se podría por este procedimiento obtener la purificación completa, pero no sería económico.

El procedimiento químico tiene varios inconvenientes, pues en primer lugar se presenta la dificultad de dosificar los reactivos por ser las aguas de composición variable

en cantidad y calidad; otro inconveniente es el coste, por ser caros los reactivos y la enorme cantidad de fangos que hay que transportar, que en general, no se pueden utilizar como abono para la Agricultura pues poseen sustancias nocivas para las plantas. Otro inconveniente consiste en que la acción anti-séptica es deficiente y el agua sale con muchos microbios y materia orgánica, produciéndose una clarificación solamente.

En resumen el tratamiento químico no es el mejor procedimiento que se puede utilizar para el saneamiento del agua sucia de las poblaciones pero es un sistema bueno y se debe emplear desde luego para mejorar las condiciones de las aguas industriales, antes de arrojarlas a las alcantarillas, utilizando reactivos diferentes según sea la clase de industria y se emplea también en muchas poblaciones.

Un buen procedimiento es el de la depuración biológica que se puede clasificar en natural y artificial o lo que es lo mismo por riego o por filtración. Los riegos pueden ser con aprovechamiento agrícola o sin él y es un procedimiento antiquísimo.

El procedimiento de depuración biológica natural se funda en las condiciones depurativas del terreno y de los microbios que

contiene en grandes cantidades, resultando que la materia orgánica y residuos sólidos conducidos por las aguas negras o de alcantarilla, se desintegran transformándose en materia inorgánica. El procedimiento consiste en esencia, en verter las aguas residuales en extensiones de terreno proporcionadas al volumen de aquéllas, con lo cual al mismo tiempo que se utiliza el elemento purificador del terreno, se aprovechan los principios fertilizantes del agua y veamos como los microbios transforman la materia orgánica en materia inorgánica.

Las aguas contienen compuestos ternarios a base de carbono, hidrógeno y oxígeno y cuaternarios a base de los anteriores más el nitrógeno. Entre los primeros están el almidón, celulosa, grasas, jabón, ácidos orgánicos, etc. y entre los segundos, las albúminas, aminas, úreas, etc.

Indiquemos el proceso de mineralización que siguen los compuestos ternarios.

Es preciso que sean solubles o que se reduzcan en materia soluble, transformación que es difícil y pesada para la celulosa y las grasas; el papel desaparece pronto en las alcantarillas, pero no se disuelve y es necesario que lo haga. Esta fluidificación aun-

que lenta, llega a ser efectuada por los microorganismos. Interviene después un verdadero ejército de microbios, que mineralizan la masa fluida, formando anhídrido carbónico ($C O_2$) y formeno ($C H_4$); esta transformación la hacen los microbios aerobianos y los anaerobianos. Los primeros cuando no están en presencia del oxígeno y lo toman de las mismas moléculas de materia orgánica conociéndose esta operación con el nombre de fermentación forménica y que se verifica mejor en un medio alcalino que en los ácidos. La empiezan los aerobios y la terminan los microbios.

Del resultado de la descomposición de las grasas, queda anhídrido carbónico ($C O_2$) y agua ($H_2 O$).

El proceso que siguen los compuestos cuaternario es mucho más complicado, distinguiéndose, como antes, tres periodos, el de la fluidificación, putrefacción y oxidación. Si no son solubles, hay un microorganismo que los transforma con facilidad por las diastazas o fermentos solubles, los cuales abundan en las aguas, en el aire y en los terrenos y producen la fluidificación más rápidamente que para los compuestos ternarios. Después no empieza inmediatamente la oxidación, sino que viene un periodo completo de

putrefacción, con producción de gases fétidos, producida por microorganismos. Los gases que se producen son: anhídrido carbónico, nitrógeno, amoniaco, ácido sulfúrico y además ácidos grasos, aminas, mercaptanes, escatol, fenoles, etc. A todos esos compuestos hay que añadir otros llamados tomains, producto de la actividad microbiana, que son alcaloides tóxicos o alcaloides de la putrefacción, como la cadaverina.

La mayor parte del nitrógeno se une con el hidrógeno formando amoniaco por procedimientos no muy conocidos.

Cuando no hay oxígeno se produce la fermentación anaeróbica, que es lenta y da lugar a malos olores, pero cuando hay oxígeno la putrefacción es rápida y no se producen muchos de los compuestos anteriores. En el terreno abunda el oxígeno y la oxidación es rápida sin que se produzcan compuestos tóxicos y fétidos.

En la purificación influye las condiciones de fluidez y concentración de las aguas negras, así como también la temperatura; la putrefacción es nula a 0° , muy lenta a 15° , máxima entre 25° y 35° y cesa a los 60° . El amoniaco que resulta se oxida y forma ácidos nitroso y nítrico, que con las bases que

lleva el agua, da lugar al desarrollo de nitratos y nitritos, operación que realizan los microbios nitrificantes, que son de dos clases: nitrosomonas, que producen el ácido nítrico y nitrobacter, que toman el ácido nítrico y lo transforman en nítrico, terminando con esto la mineralización de la materia orgánica.

Todas estas operaciones las realiza el terreno que se riega con las aguas negras, que debe reunir ciertas condiciones. La composición mineralógica del terreno no tiene influencia sobre el procedimiento, a no ser que dé reacciones alcalinas, que como hemos dicho favorecen la putrefacción pero aún en este caso tiene poca importancia dicha composición. La impermeabilidad y estructura del terreno influyen considerablemente, pues se necesita que el terreno detenga el agua para que haya lugar a todas esas transformaciones de la materia y al mismo tiempo que el aire penetre para que pueda verificar la oxidación e impedir la producción de olores pestilentes. Bajo este punto de vista no convienen los terrenos arcillosos que retienen el agua pero no dejan pasar el aire, en cambio un terreno poroso deja pasar rápidamente el agua sin depurar, con todo el peligro de contami-

convierten en humus vegetal.

El riego puede hacerse a manta, por eras o por surcos. Para regar por eras se prepara el terreno dividiéndole en pequeñas parcelas de muy poca pendiente, limitadas por diques de tierra de unos 30 cm. de altura, a las que se hace llegar el agua por medio de una reguera. figura 256. y manipulando unas

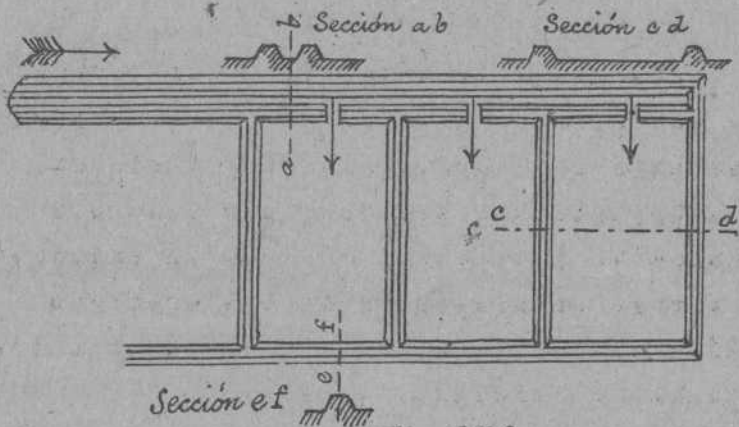


Fig. 256

compuertas situadas a la cabeza de las eras. También se pueden hacer regueras a lo largo de los diques medianeros, figura 257, siendo

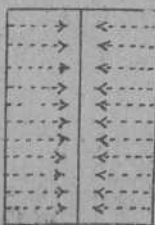


Fig. 257

entonces preciso disponer el terreno de modo que el agua corra como indican las flechas. Para el cultivo de ciertas plantas conviene que el agua no las toque, lo cual se consigue regando por surcos de 30 a 40 centímetros de

altura, separados entre sí por fajas de terreno de 1 a 2 metros de anchura, figura 258,



Fig. 258

donde se hacen los cultivos. Estos surcos están unidos transversalmente por una reguera

que es por donde llega el agua, bien rodada o por conducción forzada, según sea la topografía del terreno.

Veamos las ventajas e inconvenientes de este procedimiento de depuración biológica con aprovechamiento agrícola.

Desde luego es una gran ventaja sacar provecho de las aguas negras, pero tiene el inconveniente de que es difícil compaginar las exigencias de la depuración con las del cultivo, puesto que el caudal de aguas negras es constante y las plantas no pueden resistir riegos diarios; para remediar este inconveniente es necesario disponer de una gran extensión de terreno y estudiar la rotación o sucesión de cultivos de modo que haya siempre parcelas para regar en todo tiempo.

Hay plantas que necesitan agua abundante y otras muy poca, debiendo tenerse todo esto muy en cuenta y muchos campos hay que se dedican al cultivo de la menta y de la remolacha para la fabricación de alcoholes.

El procedimiento no es muy remunerador, pero disminuye los gastos de instalación que son grandes a fin de disponer las cosas de manera que el procedimiento no sea peligroso para la salubridad pública. En poblaciones grandes es todo esto de difícil ejecución, por el caudal de aguas negras que hay que depurar, lo que exige gastos de instalación de importancia, en arreglar el terreno, sobre todo si es bastante quebrado, pues habrá que hacer obras de contención y distribución; costoso es también cuando hay que hacer avenamientos para evitar que las aportaciones diarias eleven demasiado la capa freática, que da la idea de que en esos huertos no se podría vivir, sin embargo sucede todo lo contrario y ocurre que en los campos de depuración de Berlín hay instalado un sanatorio.

Se puede también seguir este procedimiento sin utilización agrícola, dándole al terreno todo lo que pueda absorber sin necesidad de atender a las exigencias del cultivo, por lo que se necesita una superficie de 8 a 10 veces menor; sin embargo no se debe pasar de mil metros cúbicos por hectárea y día, por más que esto depende de la calidad de las aguas y de la naturaleza del terreno.

Prácticamente puede decirse que admiten una capa de agua negra de dos y medio a tres y medio centímetros.

Puesto que se necesita aire abundante para que la purificación tenga lugar en buenas condiciones es necesario que el riego sea intermitente a fin de que no siempre esté encharcado el terreno para que el aire penetre en él y después tenga lugar la nitrificación. Las plantas se alimentan solo de materia orgánica, de modo que se necesita transformar todos los compuestos complicados contenidos en las aguas objeto de la depuración, cuando se emplean para el cultivo.

Otro procedimiento es el de la depuración biológica artificial. A pesar de que el sistema de depuración por riego es un procedimiento de depuración biológica, suele asignarse este nombre a la depuración biológica artificial, que consiste en preparar artificialmente un terreno que reúna las condiciones debidas con materiales de tamaños diferentes. "Dibdin", en el año 1.892, creó los lechos bactericos y 4 años después el Ingeniero "Cameron" construyó el primer foso séptico, que consiste en un depósito impermeable herméticamente cerrado con un agujero de hombre para entrar a realizar la limpieza y

una válvula que se abre de dentro al exterior y que sirve para asegurar la salida de los gases. Este foso séptico, desempeña el mismo papel que el pozo Mouras y en él se detiene el agua algún tiempo verificándose la putrefacción, que puede dar lugar a la liquidificación de la materia orgánica y, luego se lleva a los filtros bactericos.

De forma que tenemos dos sistemas de depuración biológica artificial a saber: con y sin pozo séptico.

En los filtros bactericos sin pozo séptico, se hace llegar el agua de la alcantarilla haciéndola pasar previamente por el depósito de sedimentación para evitar la constitución de la capa impermeable que se formaría con los sedimentos inutilizando el filtro.

En resumen, uno de los procedimientos requiere ambas operaciones de sedimentación y filtración y el otro de putrefacción y filtración.

De la sedimentación ya hemos hablado; con ella se le quita al caudal de aguas negras una gran cantidad de materia orgánica en suspensión, obteniéndose próximamente 10 kg. de lodo por metro cúbico.

Antiguamente los fosos sépticos se ha-

rían cerrados para que en ellos tuviese lugar la putrefacción anaeróbica que da lugar a la liquidificación de la materia orgánica; pero hoy se ha visto que no es necesario cerrarlos, porque el agua de las alcantarillas no trae oxígeno libre y el aire atmosférico no atarviesa la capa superficial, obteniéndose la ventaja de que los gases se desprenden con facilidad. El pozo séptico no hace más que liquidificar y no purifica nada, pues el líquido sale tan cargado de microbios o más que cuando entró, siendo el objeto principal de la filtración la destrucción de esos microbios.

La permanencia del agua en el foso séptico, puede ser grande o pequeña y desde luego lo necesario para que tenga lugar la liquidificación, que según los técnicos no debe exceder de 24 horas ni bajar de 8. Una detención mayor de 24 horas en el foso séptico produce un exceso de gases fétidos que dificulta el proceso de la nitrificación, porque el líquido adquiere un estado de superseptización.

Se acepta para la detención de las aguas de alcantarilla en el foso séptico un plazo comprendido entre los límites dichos y partiendo de él, se calcula la capacidad

el oxígeno y por esto es por lo que la filtración tiene que ser intermitente, para que



Fig. 259

el contacto sea más íntimo, siendo necesario que se haga el filtro lo mismo que se dijo al hablar de estos aparatos anteriormente, es decir, que es preciso para poderlos utilizar que se forme la película o envolvente gelatinosa en la superficie de los materiales que componen el filtro, película de superficie rugosa y desigual, lo que aumenta la superficie de contacto, creciendo también la potencia de absorción y retención. De esta manera se le quita al agua la materia orgánica, que luego se oxida en contacto con el aire, constandingo la operación de cuatro periodos que son: llenar el filtro, contacto, vaciado y repose o aireación.

Los filtros se construyen del mismo modo que se dijo para las aguas potables, con una solera o recinto impermeable, siendo su forma rectangular o circular, la profundidad cuando menos de 70 u 80 centímetros y por término medio de 1,20 metros.

Los materiales que forman la capa filtrante han de ser porosos y resistentes, dando buen resultado las escorias, cascote de ladrillo, lava, etc. Sobre el drenaje del fondo, que ha de ser bastante eficaz, se ponen elementos gruesos para que el filtro se vacíe rápidamente y encima se van colocando por capas de materiales más finos hasta llegar a la superficie oscilando el tamaño de estos últimos materiales de 3 a 10 mm.

Los filtros se pueden llenar a mano o automáticamente, repartiéndose el tiempo que se invierte en la operación del siguiente modo: una hora para llenarlo, otra para vaciarlo, dos que permanece lleno y cuatro para el reposo.

La experiencia variará la duración de estos períodos según sea la naturaleza de las aguas.

Al principio el período de contacto suele ser largo disminuyendo después; cuando llueve aumenta la dilución, pudiéndose disminuir entonces este período.

La filtración puede ser única o múltiple, siendo lo general que sea doble, como queda indicado en la figura anterior, cuando las aguas no han sufrido antes otro tratamiento que la sedimentación.

Se calcula la capacidad del filtro teniendo en cuenta el volumen de aguas que se han de depurar y el volumen total de huecos, que suele ser el tercio del volumen de aguas que se puede admitir. No duran los filtros indefinidamente, sino que tienen por término medio una vida de cuatro años, al cabo de los cuales hay que renovar los materiales de la capa filtrante o emplear los mismos después de lavados.

En los filtros coladores no hay un contacto prolongado sino que el agua entra y sale constantemente. La forma de admitir el agua en el filtro varía dependientemente del sistema de regulación que se adopte y con ella está relacionada también la forma que se ha de dar al filtro, que puede ser rectangular o circular; en la figura 260 el agua cae en forma de lluvia fina y va impregnando el filtro con cierta intermitencia, lo cual se comprende sin más que examinar la figura, en la que el aparato regulador está formado por cuatro tubos en forma de cruz, provistos de agujeros por los que sale el agua y se mueve este conjunto alrededor de un eje vertical, en virtud de la fuerza de reacción que produce la salida del líquido y que llega a ellos por una corona situada alrededor

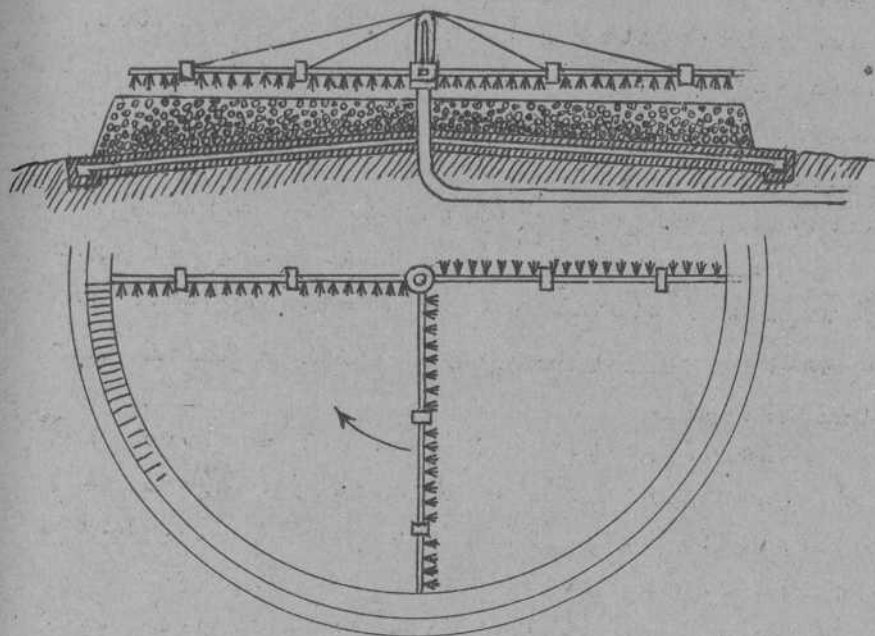


Fig. 260

del eje de giro. Estos filtros no necesitan muros de recinto impermeable, sino todo lo contrario, por lo que se suelen hacer de mampostería en seco, lo mismo que la solera, debajo de la cual se instalan canales de avenamiento.

Cuanto mayor sea el espesor, mayor es la cantidad de líquido que pueden filtrar y aumentando el espesor se puede dejar que la lluvia sea menos fina.

En cuanto a los materiales ya hemos dicho que debajo se ponen elementos de tamaño como un puño, después como nueces y enci-

ma capas de materiales más finos, que han de ser resistentes para que no se desgasten, conviniendo, además, que no sean lisos sino de superficie muy rugosa, siendo un material excelente la piedra granítica machacada, las cuarcitas y el mejor de todas las escorias.

En cuanto a la manera de echar el agua hay muchos sistemas que se pueden resumir en dos grupos: distribuidores fijos o distribuidores móviles.

En el primero el agua cae siempre en el mismo lugar, lo que se consigue mediante una serie de tubos paralelos en los que hay practicados un cierto número de agujeros y de cada uno de los cuales sale un surtidor intermitente. En lugar de tubos se pueden emplear canaletas con agua sin presión, que llevan en el fondo agujeros por lo que sale el agua.

Entre los sistemas móviles, hay a su vez, dos tipos, según que el movimiento sea giratorio o de vaivén. Estos son los sistemas más empleados y en el dibujado en la figura 260 que ya hemos indicado su funcionamiento, el agua sube a presión por el centro del macizo a una plataforma en la que se apoya una caja que puede girar mediante un soporte con juego de bolas, sin que el agua se escape. De la caja parten los cuatro tubos ya citados

que se sostienen con tirantes para evitar su flexión y los agujeros en cada tubo están abiertos por un costado, con cuya disposición en cuanto se da entrada al agua, el aparato se pone en movimiento repartiendo por igual el agua en todos los filtros, sin intermitencia y en forma de lluvia fina.

Los aparatos distribuidores con movimiento de vaivén, se mueven fundándose en el mismo principio y son de forma rectangular, generalmente, se usan menos que los anteriores y están formados por unos tubos que se mueven sobre carriles y cuyos extremos en forma de sifón corren por unos canales por los que llega el agua y en virtud de la reacción que produce el líquido al salir, adquieren ese movimiento alternativo.

Hay muchos sistemas de regar y el Ingeniero escogerá entre todos ellos el más conveniente, para lo cual tendrá presente las siguientes condiciones: que repartan bien el agua o llueva bien, que se adapte perfectamente a las variaciones del caudal sin que haya obstrucción en los orificios, que puedan repararse fácilmente y que soporten sin deterioro la acción del viento y de las heladas.

Todo esto lo reducimos a lo más esencial, porque se dispone de poco tiempo para

terminar el programa de esta asignatura.

¿De los sistemas antedichos, cual es el mejor? Los de contacto necesitan estar contruidos con solera y muros impermeables y los percoladores no. Los primeros necesitan dos pisos o doble filtración mientras que los otros solo necesitan uno y depuran mejor. El volumen de aire en los de contacto es igual al volumen de huecos de la materia filtrante, mientras que en los percoladores es cinco veces mayor y por consiguiente la oxidación es mucho más activa.

Finalmente los de contacto dan a lo sumo 500 litros de agua por metro cuadrado y los percoladores 2 m. por metro cuadrado, pero estos últimos tienen el inconveniente de dar malos olores y ser unos excelentes criaderos de moscas.

El líquido que sale de estos filtros se puede arrojar ya al río o emplearlo para la agricultura y en Alemania antes de completar la depuración es empleado para la cría de peces.

Respecto a las basuras sólidas de las poblaciones, ya hemos dicho el modo de tratarlas, al principio en las primeras conferencias del curso, siendo lo mejor proceder a la cremación en las mismas casas, lo cual suele hacer-

se en los hogares de calefacción. No se deben tener en recipientes de madera sino metálicos, ni arrojarlas a la calle sino que desde el portal de la casa deben trasladarse prontamente al carro de la basura. Claro es que en las basuras hay muchas materias aprovechables y su rebusca y selección debe hacerse en las afueras de las poblaciones, donde los carros las descargan. En New-York las basuras las pasan por unas zarandas constituidas por una tela sin fin, recogiendo con ganchos lo que es útil, y lo demás lo cargan en barcos y lo arrojan al agua en alta mar. En otras poblaciones entran los fenteros en las casas, recogen las basuras y con lo que no sirve hacen estiércol. Actualmente lo que se practica en las grandes poblaciones es quemar las basuras para lo cual se construyen muchos sistemas de hornos que han de tener bastante tiro por ser, en general, substancias poco combustibles, para lo cual se emplea tiro forzado con inyección de aire. En algunas poblaciones se aprovecha el calor que resulta de la incineración de las basuras para la obtención de fuerza motriz.

También se debieran quemar los cadáveres; ya que no se hace así, hay que procurar que en los cementerios no haya contamina-

ción de las capas acuíferas subterráneas,
así como también se deben alejar de las pe-
blaciones.

---:---:---:---:---:---:---:---:---

XX

- L X X -

R I O S

GENERALIDADES. Vamos a recordar algo de lo que ya sabemos por la asignatura de Física Terrestre.

Cuando llueve, del agua que cae una parte se evapora, otra es absorbida por las plantas, otra se infiltra en el terreno dando origen a las aguas subterráneas y finalmente otra corre por la superficie del terreno. Las aguas subterráneas ya hemos visto como salen a la superficie bajo forma de manantiales. Las aguas superficiales corren por el terreno para formar los lagos y lagunas, arroyos y rios y terrenos pantanosos; estos últimos son terrenos perdidos para la Agricultura, que son criaderos de mosquitos propagado-

y de su saneamiento ya nos ocupamos en otro lugar.

Los lagos no nos interesan gran cosa, pues no los hay en España, de los cuales podemos decir que, en general, son beneficiosos y únicamente son perjudiciales cuando tienen orillas bajas que sean pantanosas.

Las lagunas son lagos pequeños que se pueden desecar. Los lagos artificiales son embalses que se construyen con fines agrícolas o para mejorar las condiciones de abastecimiento de poblaciones en sitios que por sus condiciones topográficas permite cerrar una gran capacidad sin hacer importantes obras. Por último, los ríos son alimentados por el agua de lluvia y por la que procede de la fusión de la nieve. No existe una definición precisa que distinga al río de un arroyo; podemos decir que los arroyos son ríos pequeños o viceversa.

Lo primero que hemos de estudiar es la cuenca de alimentación del río, para conocer su extensión superficial y la naturaleza de los terrenos, tal y como a nosotros nos interesan, esto es, desde el punto de vista de su permeabilidad y del estado de su superficie. Además hace falta hacer estudios pluviométricos, pues se necesita saber

la cantidad de agua que cae y su repartición.

* **CLASIFICACIÓN.** Los ríos pueden estar formados por agua de lluvia o de manantial, siendo la corriente que llevan aguas de las dos clases, pudiendo ser los manantiales emergentes, de filón o de afloramiento. Se clasifican los ríos en: torrentes, ríos torrenticiales y ríos no torrenticiales.

Si el terreno fuera muy permeable no correría agua por la superficie y solo habría manantiales, y en cambio, si el terreno fuera impermeable, todo el agua correría por la superficie y la corriente en vez de ser perenne, dependerá de que llueva o no; así podemos tener ríos de corriente continua y tranquila y ríos de agua turbia e intermitente. Por la inspección de un mapa deduciremos que el terreno es impermeable, cuando hay gran número de ríos y corrientes de agua, siendo preciso en tales terrenos dar a los puentes grandes desagües.

En la parte alta de los terrenos es donde se forman los torrentes, que son corrientes de agua de corta longitud, crecidas súbitas y de ordinario caudal insignificante y en ellos las pendientes son muy fuertes, llegando hasta el 6 % y más.

En los torrentes se distinguen tres

partes, a saber: la cuenca de recepción, la cola o garganta y el cono de deyección. En la primera recibe el torrente las aguas y es zona de erosión en la que el agua produce socavaciones. Los materiales arrastrados pasan por la gola de donde salen a la vaguada principal, que por ser más ancha, da lugar a una menor velocidad y los materiales en suspensión se depositan, constituyéndose lo que se conoce con el nombre de cono de deyección, de modo que el torrente recoge en la cuenca de recepción materiales, para depositarlos en este último.

El caudal de los torrentes es pequeño; pero si se reúnen varios, resulta un río de régimen torrencial, de crecidas súbitas y de gran diferencia de caudales.

En los ríos hay que estudiar las alturas de agua, de las cuales las que más nos interesan son: la avenida máxima conocida, y el nivel de las avenidas ordinarias, de las que tomaremos la media aritmética de las observaciones realizadas durante muchos años; nos interesa conocer también la altura de los estiajes, en lo que cabe distinguir el estiaje medio y el mínimo absoluto, que hay que tener en cuenta para hacer las obras de abastecimiento de las poblaciones.

Otro elemento que hay que estudiar son las pendientes del río en la superficie de las aguas, que varía en los distintos trayectos, pero siguiendo una ley general que es la de disminuir las pendientes hacia aguas abajo, aún cuando no de una manera continua, por existir en el cauce tablas y chorreras, figura 261.



Fig. 261

En la parte alta del río son cortas las tablas y largas las chorreras, teniéndose pendientes torrenciales.

En la parte media sucede todo lo contrario, tablas largas y chorreras cortas con pendientes pequeñas de 0,5 milésimas, y por último, en la parte baja puede considerarse que la pendiente varía de un modo continuo siendo, además, sumamente pequeña; solo así se comprende que en el Guadalquivir la ría tenga 122 kilómetros.

Con las pendientes están ligadas las

velocidades, interesándonos conocer su repartición, en las distintas partes de una sección y de todas, la más interesante, es la velocidad media que nos sirve para calcular el caudal, la velocidad máxima en el fondo, nos interesa para conocer los efectos de socavación y la velocidad en la superficie solo tiene interés en los rios navegables.

Según la alimentación, los rios pueden llamarse hienales y estivales; los primeros llevan el caudal máximo durante el invierno y los segundos durante el verano.

Llevar los rios, no solo caudal líquido sino también sólido, parte en suspensión y parte rodando, lo que depende de la velocidad y de la profundidad del rio.

En la parte alta o torrencial, es donde es mayor el acarreo, por serlo también la pendiente y la velocidad, y en ella es donde la corriente arrastra cantos mayores, por ser donde hay más derrubios, debido a que el agua y las heladas rompen los peñascos; estos materiales al ser arrastrados se desgastan y al depositarse forman los terrenos de aluvión y en los cuales hay peligro de que el rio divague. En la parte media los arrastres están formados por cantos pequeños, y en la desembocadura por limo y arena fina.

Ya digimos cómo se puede deducir experimentalmente el caudal sólido que lleva el agua en suspensión, pero no se puede determinar la parte formada por los materiales que van rodando por el fondo, cuyo tamaño depende de la velocidad del agua, que en la parte alta de los ríos viene a ser 3 m. por segundo, en la parte media está comprendida entre 1 y 2 m. y en la desembocadura es mucho más pequeña.

Un carácter importante de los ríos es el serpenteo, pues sucede con las corrientes de agua una cosa análoga a lo que se ve en menor escala sobre el terreno en los días de lluvia, en el que se forman sarcos sinuosos por ofrecer el terreno distinta resistencia marchando el agua por los puntos de menor dureza. Por ser el cauce sinuoso, cuando el río crece aumenta la velocidad y con ella el efecto socavador de la corriente, figura 262,

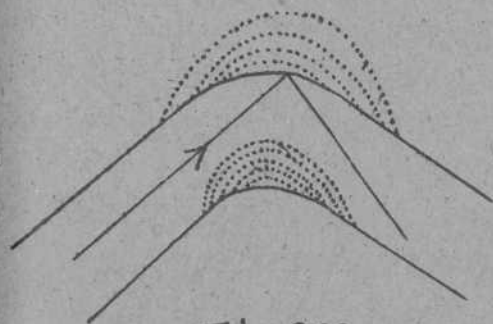


Fig. 262

para atacar otro punto de la orilla opuesta; en cambio en los puntos opuestos a los atacados se producen sedimentaciones, con lo cual al cabo del tiempo au-

menta el perfil longitudinal del río y como las cotas no disminuyen, disminuirá la velocidad sea insuficiente para el ataque.

Por efecto de las crecidas, muchas veces el río se abre nuevos caminos, por lo que tenemos que hacer obras de regularización que se efectúan con varios fines; para defensa de vegas y poblaciones, para aprovechamientos agrícolas o abastecimientos de poblaciones, para instalaciones industriales y para la navegación. Este último punto de vista no nos interesa porque no tenemos ríos navegables y respecto a la navegación en rías se tratará en la clase de Puertos.

De las obras de regularización para fines industriales no nos queda tiempo para tratar siquiera con pequeña extensión y de las que hay que hacer para los abastecimientos de poblaciones ya hicimos indicaciones generales en otro lugar.

Hay que hacer planos de las cuencas a escalas de 1:100000 a 1:1000000 y se necesitan perfiles longitudinales con las mismas escalas haciendo diez veces mayores las de ordenadas.

En el terreno debe haber puntos fijos o de referencia para que se puedan hacer comprobaciones, puntos que pueden ser peñascos u otros elementos que ofrezcan garantías

suficientes y cuando no los haya se deben hacer artificiales. En los planos deben figurar las alturas de agua, las velocidades y también los caudales, con cuyos elementos podremos aplicar las fórmulas hidráulicas ya conocidas, para determinar los elementos que sean precisos.

La media aritmética de los caudales de todo el año se suele llamar módulo del río y la relación del caudal mínimo al módulo le llamaremos coeficiente de perennidad.

CRECIDAS. Vamos a ocuparnos de la defensa de vegas y poblaciones contra las riadas. Ya sabemos lo que son las riadas, que pueden ser producidas por lluvias persistentes o por deshielo de nieves y depende su magnitud de las siguientes causas: de la intensidad y duración de la lluvia, de la extensión de la cuenca, de la naturaleza del terreno y distribución de afluentes, lo cual viene a ser en conjunto una cosa análoga amplificada a lo que ocurre en las redes de evacuación de las poblaciones.

En la parte alta de los ríos las crecidas tienen que ser súbitas y de poca duración, manifestándose en la parte baja con el debido retraso a no ser que la lluvia sea persistente y general, y cuanto más aguas

abajo esté el punto la crecida será menor y de más duración.

En el río hay una serie de gargantas y ensanchamientos por los que ha de pasar el mismo caudal, pero disminuye algo aguas abajo por el almacenamiento y remanso que se produce en los ensanchamientos. Todo esto se puede estudiar por medio de curvas en las que se distinguen tres partes llamadas, de crecimiento, de estor y decrecimiento. Si la crecida es rápida se tiene una curva muy alta, sucediendo lo contrario cuando la crecida es larga, pues a igualdad de área o caudal total de la crecida, la ordenada máxima tiene que ser menor, resultando de aquí que la intensidad de la crecida es menor en el segundo caso que en el primero. Este es otro coeficiente de retraso que es muy difícil de calcular, lo que se hace por observaciones directas y dibujando curvas en dos puntos A y B que aún cuando fuesen iguales, están separadas por comenzar la riada antes en el punto A que en el B; el área común a las dos curvas nos da un caudal común en los dos puntos considerados y el resto nos representa el caudal que queda almacenado entre dichos puntos.

Con los encauzamientos se suprime el

XX

- L X X I -

PREVISIÓN DE LAS RIADAS. Este estudio se ha tratado de hacer científicamente, habiéndose deducido fórmulas que no son aplicables porque las condiciones en que se fundan varían mucho con la forma y la naturaleza de las cuencas y el régimen de lluvias.

Para hacer la previsión se emplean procedimientos empíricos basados en observaciones directas hechas durante mucho tiempo en la cuenca, que solo son aplicables a ella. Cuando el servicio hidráulico está bien establecido y la experiencia ha sido larga, se puede prever no solo la riada sino también la importancia de ella; para cada río se deducen fórmulas y ábacos que no tienen carácter general, pues todo esto es muy complicado y lo son mucho más cuando las cuencas son amplias y las lluvias no son generales. Conviene hacer observaciones pluviométricas en

la parte alta de la cuenca, pero esto no es suficiente, pues con los mismos datos pueden variar mucho las proporciones de la riada que depende, en gran parte, de las condiciones en que se encuentre el suelo, con las cuales cambia mucha el coeficiente de exco-rrencia. Concentrando por medio de la tele-grafia las observaciones hechas en puntos convenientemente elegidos en la cuenca en una estación central, por su estudio se pue-de deducir la importancia de la riada.

Las riadas pueden producir grandes daños en las vegas, poblaciones y estableci-mientos ribereños, que a veces dan lugar a verdaderas catástrofes, por lo que es muy im-portante el estudio de los procedimientos que conviene seguir para evitarlos o amino-rarlos que o serán obras moderadoras en la parte más alta con las que disminuye la im-portancia de la crecida u obras en el álveo para evitar daños en las riberas.

Entre las primeras figuran: los embal-ses, que consisten en construir en la parte alta de la cuenca presas que formen lagos artificiales; estas presas no se hacen com-pletamente cerradas sino que se las deja unas aberturas que dan un gasto determinado aunque variable con la altura del agua en

el embalse y se calculan de modo que en el caso más desfavorable el caudal que salga por ellas no cause daños o perjuicios.

Es necesario que cuando venga la riada el embalse esté vacío, pues en otro caso el agua saltaría por encima y no servirían para nada; siendo además preciso que cuando el embalse esté lleno la riada decrezca, cosa que no se puede realizar en grandes ríos, como el Guadalquivir que lleva 8 m. por segundo durante el estiaje y que sin embargo alcanza caudales de agua hasta 8.000 m. en las grandes crecidas, pero sí en la parte alta de las cuencas.

Los embalses de que hemos hablado no pueden ser aplicados al mismo tiempo con otros fines, como el de riegos o abastecimientos.

REGULARIZACIÓN O EXTINCIÓN DE TORRENTES. El establecimiento de embalses también es un procedimiento empleado para la corrección de torrentes que a veces llevan una cantidad insignificante de agua y en cambio otras veces ocurren en ellos crecidas rápidas y de gran intensidad, adoleciendo de grandes pendientes que llegan al 6 o 7 %.

Si hacemos desaparecer estos torrentes modificando sus pendientes y con ellas el mo-

vimiento de las aguas, habremos cambiado el régimen del río.

Sea A B, figura 263, la pendiente del

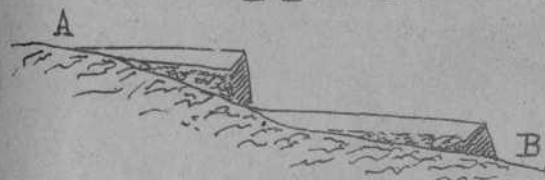


Fig. 263

terreno; si construimos una serie de presas escalonadas, tenemos en primer lugar

el embalse de las aguas que depositan los materiales que llevan en suspensión, modificando al cabo de tiempo la pendiente y ensanchando, al mismo tiempo, el cauce.

Estas presas se hacen de mampostería en seco por existir en estos sitios, generalmente el material necesario; abundan también los árboles y pueden constituirse en ocasiones las presas con ramaje, no haciendo falta, tanto en este caso como en el anterior, mecinales de desagüe para dar salida al agua.

También pueden construirse de piedra con mezcla, en cuyo caso no hay más remedio que dejar desagües y es conveniente dar a la coronación de la presa cierta curvatura para que el agua desborde por la parte central.

En la región alta de la cuenca se producen derrubios cuyos materiales son arrastrados por la riada y parte de los cuales he-

mos dicho que se depositan en las presas; en la región media de la cuenca hay transporte, y sedimentación, formándose un cono de deyección en la región baja.

Con estas obras no solo se disminuye la pendiente del torrente, sino que se retiene una cantidad de agua, porque los materiales depositados detrás de las presas forman una masa permeable y después que ha pasado la riada el agua aprisionada escurre lentamente con lo cual se disminuye aún más la importancia de la crecida.

En las presas salta el agua y para contrarrestar el efecto destructor, hay que construir un zampeado al pie del mismo o un colchón de agua, levantando cerca de la anterior otra presa más pequeña para formar otro embalse que lleno de agua amortigua el golpe de la que cae desde la inmediata.

Sucede que al cabo de un cierto número de años se aterran por completo los embalses, desapareciendo el efecto que con ellos se trataba de conseguir, porque la vaguada recobra la pendiente primitiva; la única manera de hacer permanente la utilidad de estas defensas, es evitar que se produzcan los derrubios, con lo cual impediremos la formación de depósitos en los embalses, siendo

preciso para ello proteger las laderas, pues si están desnudas la erosión las destruye, no teniendo el arbolado en estos lugares otra misión, a más que la riqueza que pudiera proporcionar, que protegerlos contra aquellos efectos, siendo falsa la creencia de que el arbolado acrecienta la lluvia en la región.

Estas obras exigen mucho trabajo durante gran número de años y aún así no es posible evitar que las riadas alcancen a las regiones media y baja de la cuenca, en las que hay que hacer obras de encauzamiento o de defensa de riberas.

DEFENSA DE MÁRGENES. En las riberas se trata de evitar el efecto de socavación de las riadas en la parte cóncava, en la cual se defiende la orilla contra el ataque siguiendo diversos procedimientos que deben ser económicos y resistentes y consisten en disponer malecones de materiales pétreos y vegetales y a veces verdaderos muros o muelles con su paramento exterior vertical o de muy poco talud, coronados con una barandilla. Cuando se emplea el material pétreo, figura 264, es suficiente revestir el talud con un ensanchado de piedra en seco de 30 centímetros, que se protege en el arranque con escollera por ser ésta la parte más expuesta

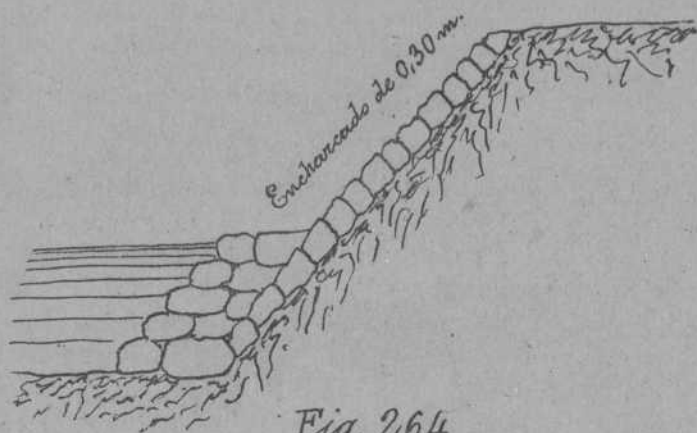


Fig. 264

lugar de hacer esto se puede recurrir a procedimientos más económicos sirviéndose de ramas y estacas procedentes del arbolado que suele abundar en las vegas; con estos elementos se puede clavar una línea de estacas, figura 265, entre las cuales se dispone ramaje

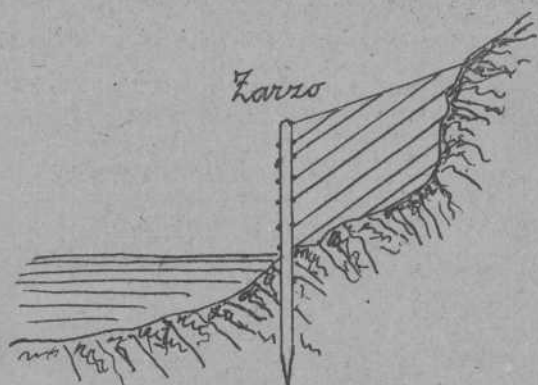


Fig. 265

los fillos o más, dependientemente de la importancia que tenga el río, figura 266, clavando

a la socavación; las piedras hay que clavarlas bien y como todas las obras, necesita de conservación. En

a la manera de que se sirven los cesteros para hacer cesta, con lo que la orilla queda defendida.

Cuando no es suficiente una sola línea de zarzos se pueden disponer

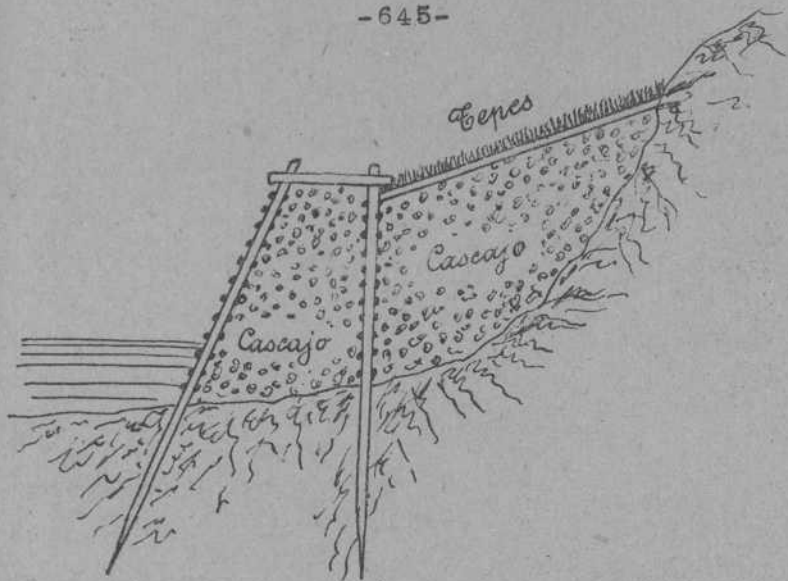
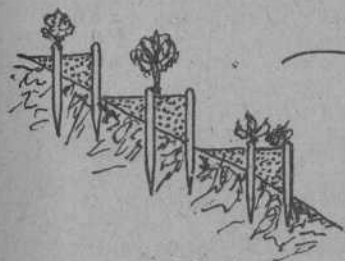


Fig. 266

la fila de estacas más próxima al cauce con cierta inclinación y los espacios limitados por los zarzos se rellenan con cascajo del mismo río, recubriendo estas superficies con tepes.

Otra disposición, figura 267, consiste en disponer esca-



Zarzos

← 1.50 →

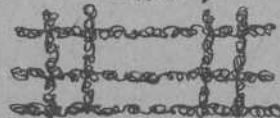


Fig. 267

zoz, haciendo el relleno con cascajo y consolidado el conjunto con plantaciones de ár-

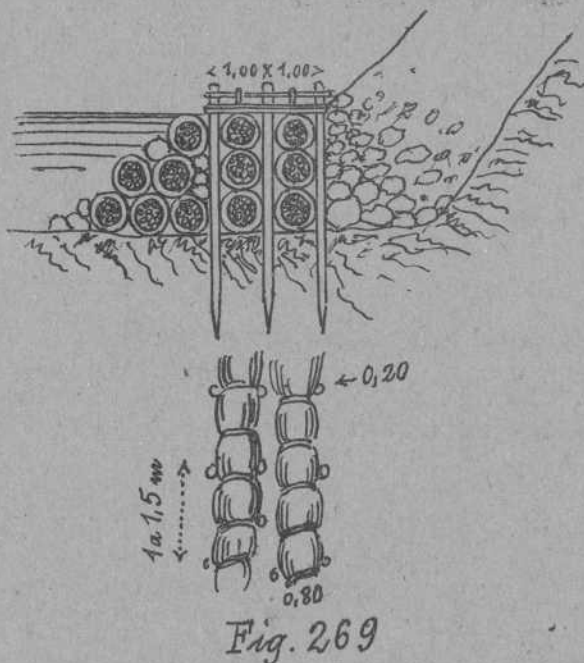
te en disponer esca-
lonadamente
una serie
de doble fi-
las de zar-

boles. También se pueden hacer, rellenando los recintos de estacas con faginas que son,



figura 268, haces de ramaje. En lugar de las faginas se pueden emplear salchichones, que vienen a ser unas faginas rellenas de piedras y que se fijan al terreno con estacas, fi-

gura 269.



Todas estas obras se pueden proteger contra el arrastre, que pudiera originar la corriente en las crecidas, por medio de escolleras del tamaño suficiente para impedirlo.

Hoy se emplean mucho, con éxito, unas cajas peralelepi-

pédicas de tela metálica que se llenan con cantos del río, siendo, claro está, las mallas proporcionadas a la magnitud de las piedras; vienen a ser unos sillares de cascajo,

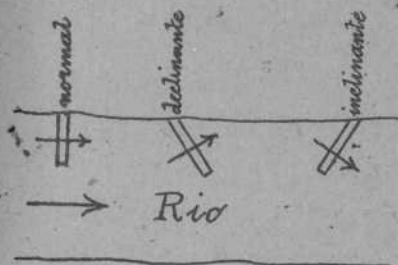


Fig. 271

bien la dirección de la corriente, según indican las flechas. Siendo sumergible el sistema de espigones que se emplea, se deben disponer hacia aguas arriba para alejar de las orillas las corrientes socavadoras; esto es lo que se indica en la figura 272, en

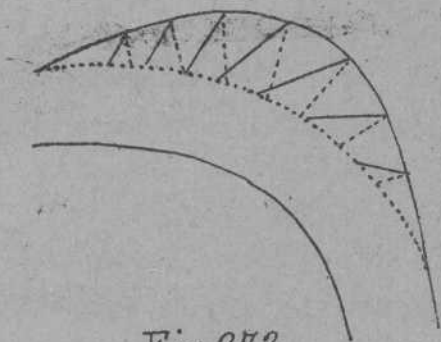


Fig. 272

la que no se ha rectificado por completo el cauce, por ser natural el serpenteo y no convenir acortar mucho la longitud del río. Se debe corregir solamente las curvas violentas y cuando hay que pasar de una curva a una contracurva, sin tramo recto, conviene que aumente la curvatura a medida que nos acercamos al vértice para disminuir luego.

En lugar de emplear espigones trans-

Cuando es sumergible, normal o declinante se produce un estrechamiento en el cauce que da lugar a remansos y caídas de agua que perjudican a la orilla en que están situados, por cambiar

la que no se ha rectificado por completo el cauce, por ser natural el serpenteo y no convenir acortar mucho la longitud del río. Se debe corregir solamente las curvas violentas

vérseles, se pueden utilizar malecones sumergibles o insumergibles; los segundos deben emplearse en la defensa de las poblaciones o en las rias, no debiendo utilizarse nunca en campo raso, en la región media del rio.

Desde luego el encauzamiento debe obedecer a un plan bien estudiado, para que las obras llevadas a cabo en una orilla no perjudiquen a la otra, ni a las regiones arriba o aguas abajo del punto considerado.

Los malecones insumergibles, son terraplenes de la altura necesaria para que la riada no inunde la vega, haciéndose el encauzamiento con dos diques paralelos a uno y otro lado del rio. Con el encauzamiento el agua que antes se extendía por la vega alcanzará un nivel más alto, por lo que al proyectar los diques hay que darles, a lo menos, la altura que tomará el agua en las crecidas después del encauzamiento; este aumento de nivel origina un remanso que perjudica aguas arriba y aguas abajo aumenta la importancia de las crecidas.

Entre A y B situados a cierta distancia en el cauce, sucede lo siguiente, prescindiendo del caudal medio o normal del rio; supuesto el punto A aguas arriba del B, la crecida se manifiesta primero en A y tomando

por abscisas los tiempos y por ordenadas los caudales, se puede dibujar una curva $t_1 t_2$, figura 273, cuya área representa el volumen

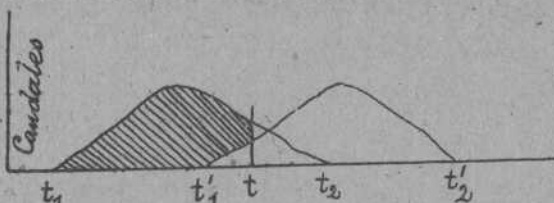


Fig. 273

total de aguas que la riada hizo pasar por el punto A, en el intermedio de tiempo $t_1 t_2$; la cur-

va presenta una rama ascendente, después una estoa, que puede ser corta o larga, y por último decrece, hasta anularse su ordenada en el instante t_2 en que cesó la riada en el punto A. Para el punto B se dibuja otra curva análoga $t_1' t_2'$ que nos ha de dar la misma área y que viene retrasada en el tiempo dado por el intervalo $t_1 t_1'$ que tarda en llegar la riada desde el punto A al punto B. La parte rayada, diferencia de los caudales que hasta ese instante han pasado por el punto A y el punto B, representa lo que se llama almacenamiento.

Se ve que cuanto mayor sea el tiempo de duración de la riada en B, la curva $t_1' t_2'$ será más tendida y mayor el almacenamiento y como los diques producen una disminución de éste, con el encauzamiento se aumenta la

importancia de la crecida aguas abajo; aguas arriba también hay perjuicio por el remanso que se produce, para que por la sección estrecha del encauzamiento pase el mismo caudal. Por estas causas hay que hacer un estudio minucioso, no solo de la zona encauzada, sino también aguas arriba y aguas abajo de ella. El aumento de velocidad que se produce como consecuencia del estrechamiento de la sección, aumenta la sobavación a la entrada de aquél y a la salida vuelve a disminuir la velocidad, depositándose parte del caudal sólido que lleve en suspensión, que no puede ser arrastrado, formándose conos de deyección, cuyo efecto es levantar el fondo, con lo que al cabo de unas cuantas riadas, pueden resultar insuficientes los diques.

En la parte de aguas arriba, la socavación debida a la caída del agua a la salida del remanso, pueden falsear los diques. Otro inconveniente grave es el siguiente: que al abrigo de los diques vive tranquila la gente de los poblados y en el caso de ocasionarse una rotura, al agua se precipita por ella bruscamente y como los diques no se construyen para que resistan el empuje más que por la parte del cauce, no tienen la fortaleza debida y las corrientes que se produ-

cen originan la ruina de los diques.

Otro inconveniente es el que es muy difícil señalar la distancia que ha de haber entre los diques, que no se puede fijar exactamente y que queda al acierto del Ingeniero. Si hacemos estrecho el cauce, se ganará terreno, pero se levanta la línea de agua en las avenidas, aumentando el remanso aguas arriba y los efectos destructores a la salida, resultando que habrá necesidad de prolongar los diques en la parte alta, para proteger terrenos que antes no se inundaban; estos inconvenientes se evitan haciendo ancho el encauzamiento, con el fin de que baje la línea de agua, pero entonces surgen otros nuevos, como el siguiente: durante la crecida se llena todo el cauce y al bajar se producen sedimentaciones que se consolidan y elevan el lecho sin que se eleve el suelo de la vega, resultando que a la larga las avenidas saltarían por encima del dique, desapareciendo las ventajas del encauzamiento. Las inundaciones pueden ser perjudiciales y beneficiosas, según sea la naturaleza de los acarreos que depende en gran parte de la corriente del agua; cuando no marcha la crecida con gran velocidad, deja sobre los campos un limo fertilizante que es de mucha utili-

dad, pero cuando los acarreos son de arena y grava, las huertas ribereñas quedan en estado lastimoso.

No deben emplearse los diques insumerjibles en la región media de los rios, más que cuando haya que defender una población, pues no se puede permitir que el agua inunde las calles y en general debe hacerse en las regiones bajas de los rios, donde las curvas de crecida son muy tendidas; en la parte navegable se construyen verdaderos muelles.

Para evitar los inconvenientes antes dichos, los encauzamientos se suelen hacer empleando diques sumerjibles, siguiendo para ello un plan general, que depende del criterio de cada Ingeniero y de las condiciones del rio; marcaremos un lecho menor con malecones que se elevan a la altura de las crecidas ordinarias; en las crecidas extraordinarias, se esparce el agua por la vega depositando en las orillas materiales de acarreo, siendo preciso evitar que detrás de los diques se formen corrientes, para lo cual se ponen espigones o diques transversales, figura 274, pero entonces el agua queda encharcada al bajar la riada y para evitarlo se cortan los malecones en la forma indicada en la figura 275, para dar salida

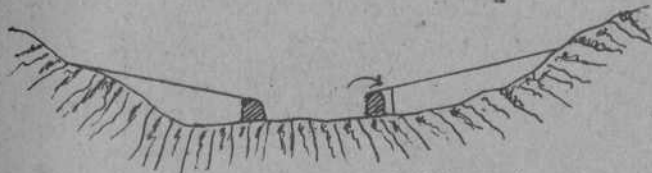


Fig. 274

a las aguas cuando se interrumpen las crecidas. En la orilla con-

vexa el río no muerde y únicamente convendrá poner alguno que otro espigón que vayan a

terminar en la línea de vaguada.

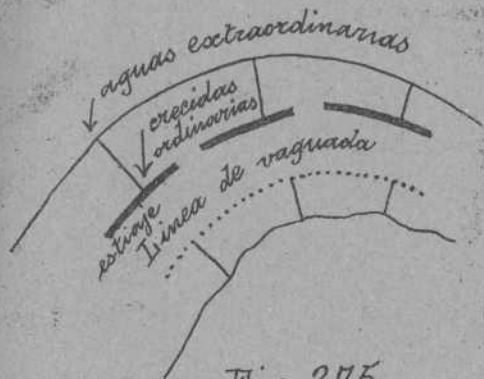


Fig. 275

En lugar de preparar uno solo, se puede construir un segundo lecho para las aguas extraordinarias, que es lo que se ha hecho

en el proyecto de encauzamiento del río Manzanares en Madrid, figura 276, en el que se distingue un primer lecho, formado por diques cuyo detalle se aprecia en la figura 277. El segundo lecho está formado de piedra o mampostería en seco y en las orillas quedan dos paseos de 30 m. de anchura.

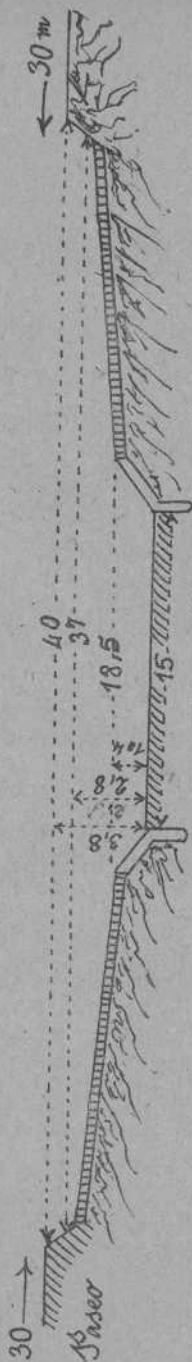


Fig. 276

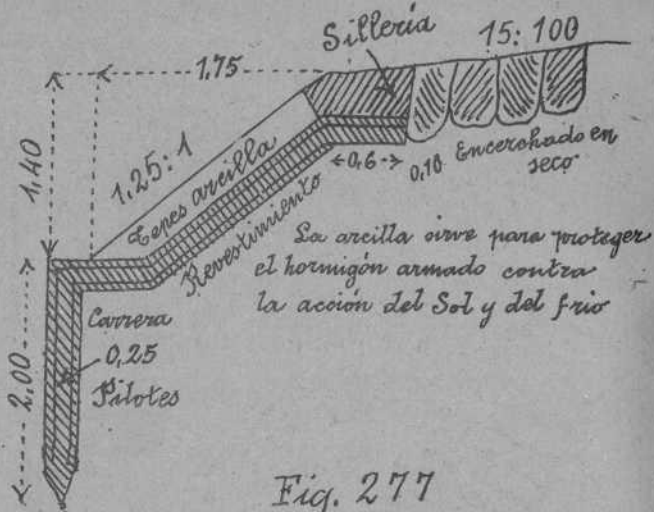


Fig. 277



coronación 40 o 50 cm. por encima del nivel de las aguas más altas; la anchura en la coronación debe ser como mínimo de 2 metros y si se usa para camino, se le dará la anchura de éste. El talud del malecón en el lado de tierra puede ser 1:1, 1 y $\frac{1}{2}$:1, 2:1 dependiendo este talud de la naturaleza del terreno y por el lado del río el talud será de 1 y $\frac{1}{2}$:1, debiendo defender su superficie análogamente a como se indicó en la defensa de márgenes, empleando, según sea la intensidad socavadora de la corriente tepes, encachados, enfaginados, etc. y como en el pie del malecón es mayor la socavación se debe defender con escollera. El enfaginado se coloca, bien según la pendiente del talud u horizontalmente sujetándolo con estacas y alambre para que no floten en el agua durante las crecidas.

Los malecones sumergibles se pueden hacer de tierra, cascajo, escollera y materiales vegetales. En los de tierra hay que proceder a la defensa de ambos taludes con revestimientos más o menos resistentes según sea la intensidad de las corrientes; por el lado de tierra se construyen muy tendidos con taludes de 4:1 que se consolidan con empedrados y plantaciones. Se pueden emplear,

asimismo, los zarzos colocando dos o tres pilas de estacas que se entretejen con ramaje para constituir una pared relleno de los huecos con cascajo o grava del río y si no lo hay, se hace el relleno con el mismo ramaje, que se emplea también para amortiguar el golpe en la caída de agua.

Cuando la obra es de alguna importancia en lugar de estacas se disponen pilotes, encepando las cabezas y el relleno se hacen con cestos repletos de grava.

Estos encauzamientos, en los que entran elementos vegetales, se llevan a cabo en la zona baja de los ríos donde el lecho es suficientemente blando para permitir la hincas de las estacas o pilotes; en la región alta se ejecutan las obras con escollera a piedra perdida, para lo cual se echa la piedra dejándola que quede como caiga, produciendo que la obra tenga forma trapezoidal con taludes de 1:1; los bloques que se empleen han de ser grandes y cuando no se disponga de ellos se harán artificiales de hormigón.

Con el fin de economizar piedra se reserva ésta para el revestido de taludes y el interior se hace de cascajo y grava; pudiéndose recurrir al empleo de cajones constituidos por redes metálicas; por último,

pueden hacerse combinaciones con el empleo de todos los materiales citados, así, por ejemplo, se puede constituir el malecón con zarzos y pilotes rellenos de grava defendiendo los taludes con escollera.

Los espigones se levantan de igual forma y con el mismo perfil que un malecón. En las figuras 278 y 279 se representa la

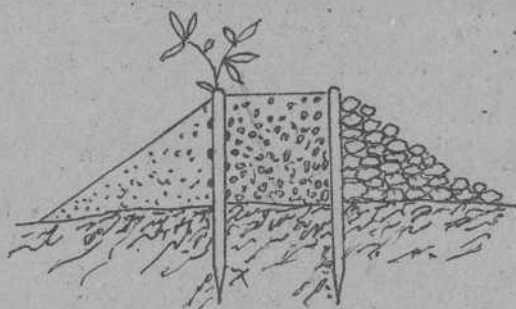


Fig. 278

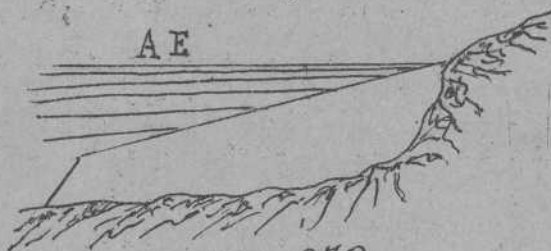


Fig. 279

sección y el alzado de un espigón construido con dos filas de estacas entrelazadas con zarzos, relleno de grava el interior y protegiendo con escollera el talud de aguas arriba debiendo ser muy tendido el de aguas abajo y para consolidar

bien la obra se hacen plantaciones de árboles, arbustos, etc.; las mismas estacas cortadas al comienzo de Primavera arraigan y contribuyen a la consolidación.

Se pueden formar los espigones con

cajones de tela metálica, figura 280, relle-

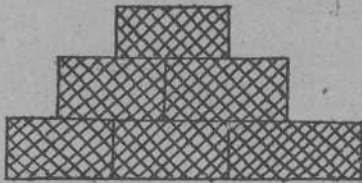


Fig. 280

posición que para los malecones.

nos de grava que se disponen en la forma indicada; en resumen, se emplean las mismas combinaciones de materiales e idéntica com-

CANALES DE RIEGO

GENERALIDADES. Nada hemos de decir acerca de las necesidades del riego, sobre todo en la región central de España para suplir con él la insuficiencia de las lluvias.

Los canales de riego vienen a ser como los de abastecimiento, solo que en lugar de conducir aguas para la bebida, la conducen para contribuir a la fertilización de los terrenos.

Un inconveniente grave de los riegos es el paludismo, pero hay que tener en cuenta que teniendo la precaución de que no se produzcan encharcamientos no es de temer la citada enfermedad.

CALIDAD DE LAS AGUAS. Para el riego pueden servir todas las aguas, pero las más puras suelen no ser las mejores.

Lo corriente es que se utilicen las aguas que lleven lúgamo como son las de los ríos; cuando la velocidad de éstos es grande, se pone también en suspensión la arena, si bien ésta y los guijarros suelen ir en la parte próxima al suelo.

Echar arena al terreno no es conveniente, pero esto no es de temer, porque los canales de riego no llevan la velocidad suficiente para que se produzca el arrastre de la arena.

CANTIDAD DE AGUA NECESARIA. Respecto a la cantidad de agua que se necesita para el riego, es indeterminada; depende de que llueva poco o mucho en la localidad, siendo además consecuencia de la naturaleza de los terrenos, del clima de la región, de la clase de los cultivos, del sistema que se siga para hacer el riego, etc.

En un clima seco y cálido, hace falta mucha más agua que en un país templado o abundante en lluvias o nieblas que contribuyen a mantener húmeda la atmósfera.

En cuanto a la naturaleza de los terrenos hay que tener en cuenta la del suelo

y del subsuelo: la arcilla sabemos que no deja pasar el agua y la arena no se retiene, deduciéndose en consecuencia, que si los terrenos son arenosos se necesitarán riegos más frecuentes y abundantes y en los arcillosos deberán ser menos frecuentes. El subsuelo influye por el nivel de la capa freática.

Por la clase de cultivo los hay que requieren poca agua, como sucede a los cereales que se crían bien en los terrenos de secano y en cambio hay otros que requieren mucha agua, como sucede a los arrozales que están tres meses encharcados; algo menos necesitan las planas forrajeras y aún menos, aún cuando más que los cereales, los cultivos de las huertas.

Resulta, pues, que hay indeterminación en lo que respecta a la cantidad de agua que se necesita para el riego, pero en cada país se fija una dotación, determinada por la experiencia.

En la cuenca del Turia se necesita para el riego que los canales lleven continuamente un litro por segundo y por hectárea de terreno que se ha de regar; así, por ejemplo, un canal con un caudal de 1 m. por segundo, puede regar en esta región 1000 Ha.

de terreno, siendo lo corriente que el caudal empleado para el riego de una parcela entre a razón de 30 litros por segundo.

En Italia se emplea también un litro por segundo y por hectárea; en la India varía entre 0,7 y 1 litro; en los EE. UU. de 0,2 a 1 litro.

Por el canal de riego debe ir un 20 % más del caudal necesario, para tener en cuenta las pérdidas por evaporación, filtración y escapes.

Es fácil determinar el tiempo necesario para regar una hectárea, sirviendo esto para hacer el cálculo del caudal. Un riego significa una capa de agua de 5 cm. sobre el terreno, pero lo más cómodo para hacer el cálculo, es tomar la cantidad ya dicha de 1 litro por segundo y por Ha. como cifra media, pues habrá sitios en que se gaste más y en cambio en otros menos.

CANALES DE RIEGO, ACEQUIAS Y REGUE-
ROS. La conducción se puede hacer por agua rodada y por agua elevada.

Para la conducción en el primer sistema los canales son abiertos, por lo que hay que tener en cuenta la pérdida por evaporación, que varía con las épocas del año y hay que estudiar en primer lugar la proce-

dencia del agua y sitio en que se ha de hacer la toma y en segundo determinar la zona regable o que se va a convertir en terreno de riego, para deducir el caudal necesario y ver si conviene o no proceder a la construcción de pantanos aguas arriba, para regularizar el caudal disponible.

Después hay que estudiar las obras de toma que más convenga realizar y las que hay que hacer para pasar por encima o por debajo del canal; finalmente hay que estudiar también la distribución por medio de acequias o canales secundarios, de los que parten las regueras que han de conducir el agua al terreno.

Puede ocurrir que haya que determinar el caudal necesario para regar una cierta extensión de terreno o ver con el agua disponible la zona que se puede regar, con lo cual está relacionado el estudio de la construcción de pantanos, después de conocer el régimen del río. No es necesario que el pantano esté en el mismo punto de la toma o presa, sino que puede estar en un punto aguas arriba, de modo que se puede dar entrada en el canal al agua almacenada cuando sea precisa.

TRAZADO, PENDIENTES Y VELOCIDADES. Al

Ing^a sanitaria 84

hacer el trazado del canal y de las acequias, buscaremos la solución más económica, sirviéndonos para ello de un plano detallado del terreno.

El canal debe llegar a los terrenos regables por la parte alta, desde la cual hay que ir al punto de la toma por el camino más corto posible y se necesita conocer el desnivel disponible, del cual depende que el recorrido sea más o menos largo. Para ganar altura y ahorrar metros de canal, se puede hacer una presa de elevación, siempre que su coste sea menor que el del trozo de canal suprimido con ella, teniendo en cuenta el remanso que se ha de producir y los perjuicios que pueda ocasionar.

El trazado hay que hacerlo ciñéndose al terreno, no habiendo inconveniente en hacer muchas curvas, por ser pequeña la pérdida de carga que producen, y no estar, en general, estos canales destinados a la navegación. Ciñendo al terreno los canales se trata de evitar lo terraplenes, por tener éstos muchos inconvenientes, que pueden dar lugar a la ruina de las obras y por esto no hay que buscar la compensación entre desmontes y terraplenes a los canales, sobre todo en los de mucha importancia; en las acequias

y regueras ya no es tan grave inconveniente, siendo necesarios los terraplenes si el terreno es llano. Si alguna vez se admite el terraplen en el trazado de canales importantes, hay que tomar toda clase de precauciones, empleando tierra escogida, que se apisona por capas de poco espesor.

Hay que estudiar también el cruce de los valles, no siendo corriente que convenga la construcción de acueductos; son muy empleados los sifones con tubos de hormigón armado o de palastro.

Es necesario cambiar las secciones y pendientes para que resulte lo más económico posible; si la sección es pequeña tendremos poco movimiento de tierras, pero pueden resultar velocidades muy grandes; si es grande tendremos velocidades pequeñas. Para hacer desaparecer esta indeterminación, se fija una velocidad límite que no produzca socavaciones y lleve en suspensión el lodo que arrastren las aguas del río, para lo que se necesita una velocidad mínima de 30 cm. por segundo y para que no se destruyan las paredes del cajero, no debe exceder de 60 cm., velocidad que es suficiente ya para que no crezca la hierba; en terreno fuerte puede llegar a ser la velocidad de 90 cm. y

XX

- L X X I V -

Continuando con el trazado de los canales de riego, diremos respecto a la forma de la sección, que no siempre podremos aplicar la de menor resistencia hidráulica, que es la más conveniente bajo el punto de vista económico. Los taludes más corrientemente empleados son 3:1, 2:1, 1 y $\frac{1}{2}$:1, 1:1, 0,5:1 que en grados sexagesimales corresponden a los ángulos de 18°, 30'; 36°, 50'; 33°, 40'; 45°; 61°, 30' respectivamente. La forma de la sección más recomendable ya sabemos que es la del semihéxagono regular cuyo talud corresponde al ángulo de 60°, siendo necesario para obtener este talud, tener que recurrir a hacer revestimientos, por ser difícil de sostener; ahora bien, cuando se emplean los canales revestidos puede utilizarse la sección y taludes que se quieran. En terrenos muy compactos se sostiene

bien el talud 1:1 sin necesidad de recurrir a los revestimientos.

FORMA DE LAS SECCIONES. El perfil trapecial circunscrito de radio hidráulico constante no debe emplearse en canales que han de conducir grandes caudales, pues no se debe pasar de una profundidad de dos metros a fin de evitar grandes presiones, siendo preciso entonces dar más anchura a los canales, pues a mayor sección menor es la relación entre calado y anchura, adoptándose diversas disposiciones sin banquetas o con banquetas, para que los desmoronamientos se queden en ella y no caigan al fondo del canal. La figura 281 es el tipo de sección del canal sin

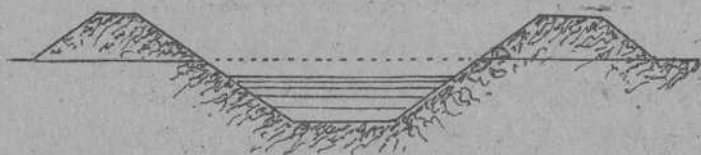


Fig. 281

banquetas y se obtiene excavando y echando

la tierra a los lados en caballeros, debiendo quedar la línea de agua por debajo de la superficie natural del terreno.

La figura 282 da idea de un canal en desmonte, como el anterior, pero con banquetas a los lados, de 1 metro de anchura próximamente, las cuales se deben poner cuando lo requiera la importancia de los caballeros.

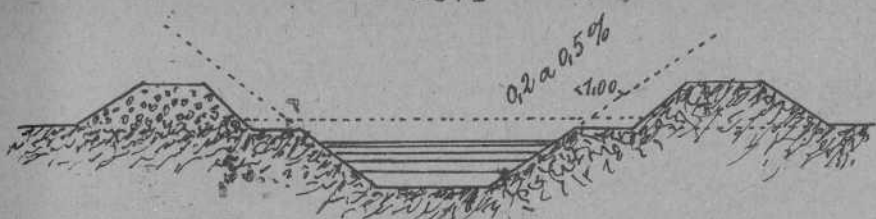


Fig. 282

Para obtener la sección más económica, se puede hacer lo que se indica en la figura 283, en la cual a la excavación se la

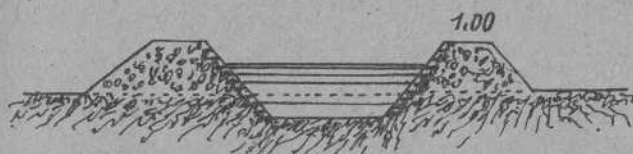
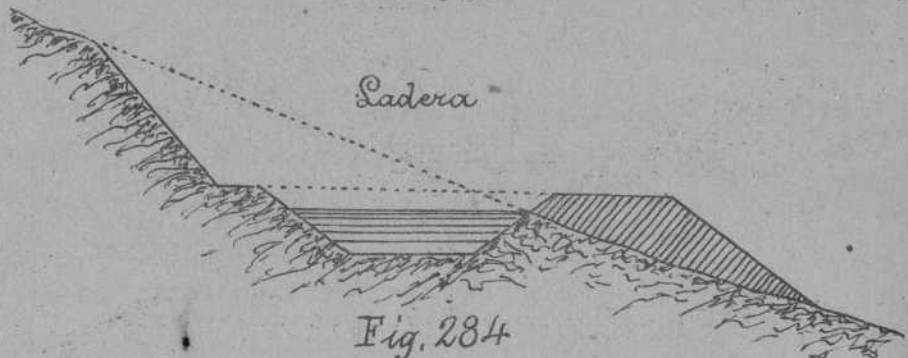


Fig. 283

da menos profundidad, quedando la línea de agua por encima

de la superficie natural del terreno y para evitar la filtración que se produciría a través de los caballeros, se construye en el talud interior una pared de arcilla escogida, bien apisonada y además se suelen revestir los taludes.

Cuando el terreno está en ladera, se hace el trazado como se indica en la figura 284, echando los productos de la excavación a un lado y para evitar filtraciones, la línea de agua debe quedar bajo de la línea de terreno natural. Al lado contrario en que se haya dispuesto el caballero, hay que dar al desmote el talud que corresponda a la



naturaleza de las tierras, abriendo una banqueta donde se detengan los detritus que rueden por la ladera, conviniendo poner en aquélla una cuneta para dar salida al valle próximo a las aguas que discurran por el descen-
te; a veces también se dispone una cuneta de coronación, para que el caudal que corriera por la de la banqueta no fuese excesivo.

Quando la ladera es de roca o terreno fuerte, figura 285, se adaptan taludes de $1/5$ a $1/10$ y si la roca es dura, en lugar de abrir la caja del canal tan adentro, se puede construir un muro, figura 286, siempre que su coste resulte menor que la economía que resultare en la apertura de la caja. Esta sección puede ser con o sin banqueta.

Si se tratase de construir un canal con sus taludes revestidos, se puede adoptar la forma de la figura 287, que es trapecial

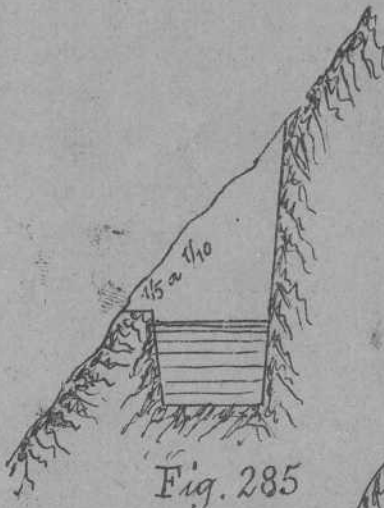


Fig. 285

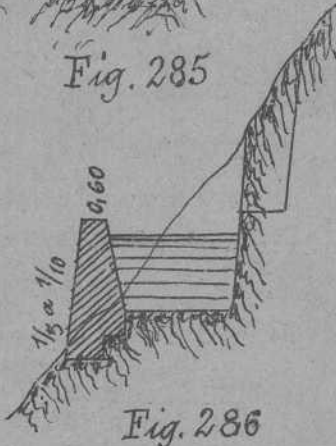


Fig. 286

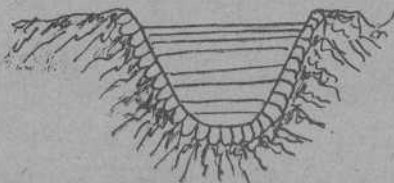


Fig. 287

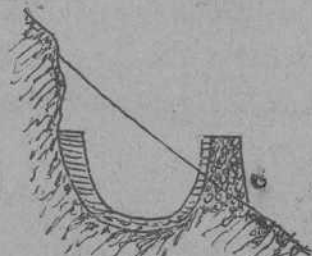


Fig. 288

redondeando los ángulos o la circular de la figura 288; sucede que se presentan terrenos rocosos con resquebrajaduras, en los que al abrir la caja las paredes no quedan lisas y para rellenar las oquedades, se revisten las paredes del canal con esa cáscara que puede ser de hormigón armado o de mampostería.

Quando se presente la construcción del canal en terraplén, en lugar de hacerle con tierra escogida por ton-

gadas y bien apisonada, como se indica en la figura 289, en la que la solera es de hor-

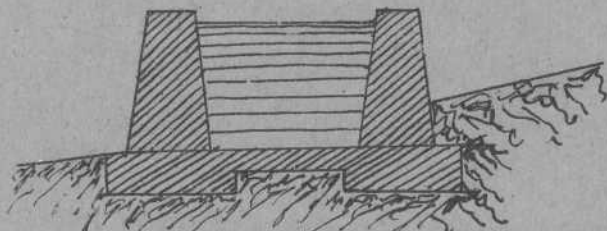


Fig. 289

migón y los terraplenes se han sustituido por dos muros.

En laderas muy fuertes se construye a veces el canal volado, sujetándolo por medio de vigas empotradas y ménsulas, o también se abre formando una bóveda en trompa, de forma idéntica a como digimos el hablar de los canales de abastecimiento de aguas.

CÁLCULO DE LAS SECCIONES. Para calcular rápidamente un canal de forma trapezoidal circunscrita a una semicircunferencia que tiene por diámetro la línea del nivel de las aguas, se deducen fácilmente las fórmulas, figura 290.

$$\text{altura de agua } y = \sqrt{\frac{A \operatorname{sen} \alpha}{2 - \operatorname{cos} \alpha}}$$

$$\text{anchura en el fondo } x = 2 y \frac{1 - \operatorname{cos} \alpha}{\operatorname{sen} \alpha} = 2 y \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{ancho en la superficie } x = 2 y \frac{1}{\operatorname{sen} \alpha}$$

$$\text{radio hidráulico } R = \frac{1}{2} y$$

De modo que conociendo el ángulo α que varía con la naturaleza de las tierras

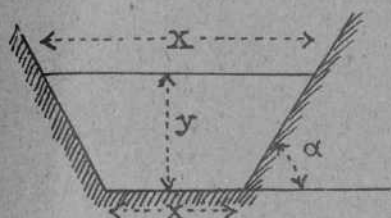


Fig. 290

y partiendo del caudal y de la velocidad, con las anteriores fórmulas el cálculo se hace rápidamente.

BOCALES. En el ori-

gen de los canales hay

que hacer la toma de agua y se comprende bajo el nombre de bocal al conjunto de obras necesarias para hacer entrar el agua. Hay bocales con azud y sin él en casos excepcionales y en ríos de régimen establecido.

Un azud comprende una presa con sus desagües y el regulador para la entrada del agua.

Suponiendo que las aguas se deriven de un río, los pantanos de embalse no están en los puntos de toma, sino aguas arriba, siendo las presas de los azudes verdaderos vertederos por encima de los cuales salta el agua.

Hay que buscar el sitio más conveniente para el azud, lo cual no es fácil, para que el canal domine toda la superficie que se trata de regar, variando con el punto de toma las condiciones del canal, pues de él dependen el que haya o no necesidad de cruzar los afluentes o perforar rocas y si se

baja el canal puede quedar sin riego algún terreno. Todo esto hay que estudiarlo con detenimiento, así como también la cimentación de la presa y su ubicación, que debe ser un lugar estrecho de la cuenca, para que resulte económica la obra.

La altura que ha de tener la presa es indeterminada y debe ser tal, que en el canal el agua llegue a un nivel determinado, dependiendo del lugar escogido para la situación; lo mejor sería encontrar un estrechamiento del río, en el que por ser corta la presa resultaría económica, pero entonces el peligro que corre es mayor, por serlo la velocidad del agua y aún podría resultar que la presa en el sitio estrecho fuera más cara, por necesitar un perfil más robusto; se debe procurar también que sea en terreno insocavable, que esté próximo a una cantera, pues de lo contrario habría que hacer camino para el transporte de la piedra.

Las presas vertederos se pueden construir normales a la corriente y oblicuas, teniendo unas y otras sus ventajas e inconvenientes. La disposición general que adoptan las secciones en uno y otro caso, se indica en la figura 291; los azudes normales a la corriente son cortos, pero la lámina de

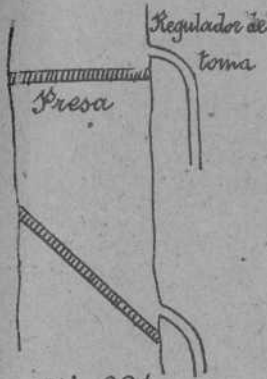


Fig. 291

agua en las crecidas es mayor y por consiguiente mayor también el golpe de agua y la acción socavadora. Antiguamente se hacían las presas oblicuas que tienen el inconveniente de su mucha longitud a cambio de la ventaja de que cuando viene la riada,

el caudal total del río, se reparte en una mayor longitud y la altura de la lámina vertical es menor. Con las presas normales el remanso tiene mayor importancia y en las oblicuas existe el inconveniente de que saliendo la corriente normal a la presa,

figura 292, lanza el agua contra la orilla que es preciso defender.

En presas antiguas muy oblicuas, se puede corregir este defecto construyendo un trozo de presa como indica la figura 293, de este modo, sin disminuir la longitud de presa se evita el ataque a la orilla.

La sección, materiales y sistema de construcción de las presas, varía mucho con la natural-

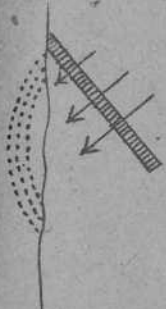


Fig. 292

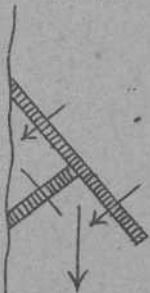


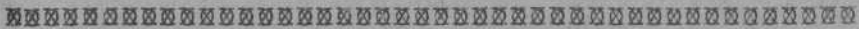
Fig. 293.

za del cauce, con la importancia del río y el precio de los materiales.

En la Lámina VII pueden observarse unos cuantos modelos de presas que llevan anotados al margen las características más salientes, siendo la más alta de las representadas las del canal de Henares que tiene seis metros de altura.

La presa de Soane en la India, es de tierra con taludes muy tendidos y consolidada por tabiques de fábrica.

-!-!-!-!-!-!-!-!-!-!-



- L X X V -

DISPOSICIÓN GENERAL DE LOS BOCALES.

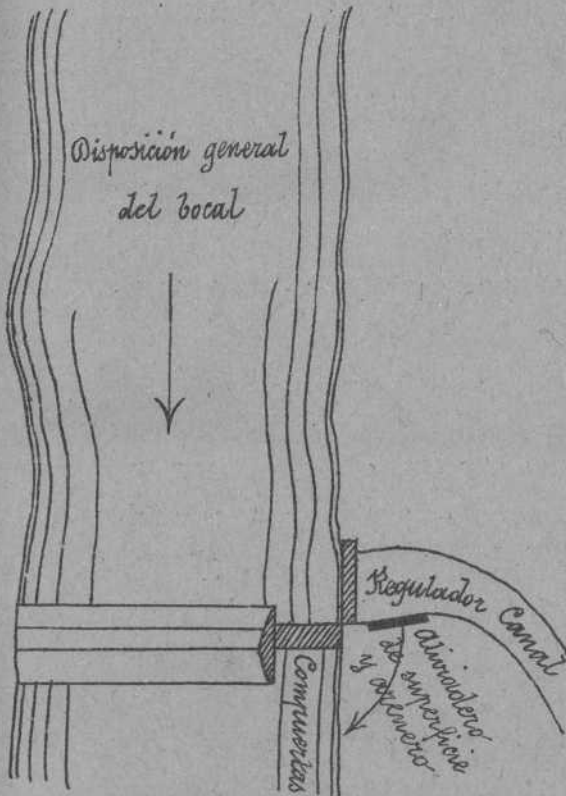


Fig. 294

La disposición general que se suele adoptar en la instalación de bocales, es la representada en la figura 294.

El azud o presa debe interrumpirse en un trecho, sustituyéndose por una compuerta, cerca de la boca del canal, con objeto de aprovechar la co-

riente que se produce al levantarla, para arrastrar los sedimentos procedentes del caudal sólido que el agua lleva en suspensión.

Estos sedimentos, particularmente después de una avenida, llegan a cegar la embocadura misma del canal, y para limpiarla no hay más que abrir dicha compuerta. Además, abriendo la compuerta en las avenidas, se remediará algo el efecto del remanso aguas arriba, y si el caudal del río es muy abundante, para que se pueda mantener constantemente abierta, no habrá lugar a la formación del aterramiento en la embocadura.

Cuando los azudes son bajos, se le da a la compuerta toda la altura de aquéllos y el umbral de la compuerta debe estar más bajo que el del regulador del canal; ahora bien, si se trata de una presa de elevación entonces no hace falta que el umbral esté en el fondo del río.

La anchura de este desagüe es vez y media o dos veces el ancho del canal y como la velocidad que adquiere el agua al abrirla es mayor en su proximidad, si se ha de aprovechar para limpieza hay que poner el regulador cerca de ella. La disposición que adopta este desagüe es la siguiente: una abertura con un umbral y dos muros verticales en-

tre los que desliza una compuerta, maniobrándola por un mecanismo de tornillo sin fin, palanca de trinquete, etc. Cuando el ancho del canal, y por consiguiente el de la compuerta, es grande, se divide el vano por medio de pilas, constituyendo una serie de compuertas más manejables, pudiéndose hacer las pilas de fábrica, hierro, madera u hormigón; la disposición que adopta la compuerta es entonces la de la figura 295, en la que hay

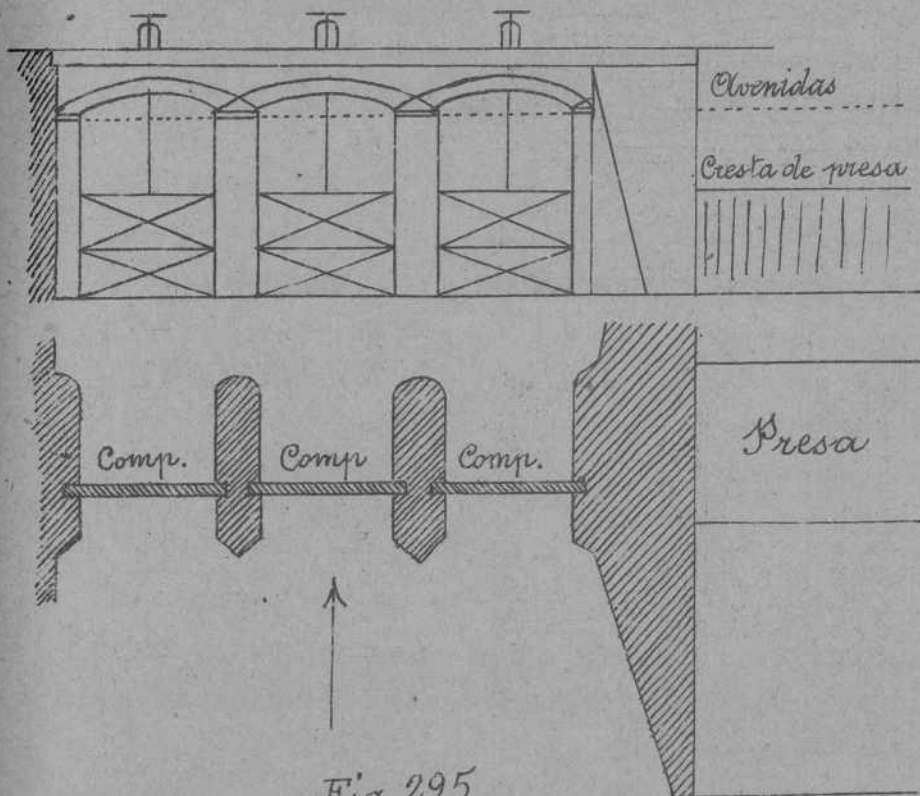


Fig. 295

a los lados dos estribos con sus aletas de encauzamiento y entre ellos se construye el número de pilas necesario para que el ancho de las compuertas no sea excesivo. Para la maniobra de las compuertas, se construye un puente sobre las pilas y estribos, que ha de quedar por encima de las máximas avenidas, para poder en todo tiempo hacer las ma-

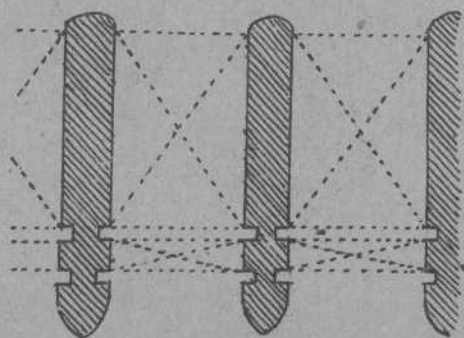
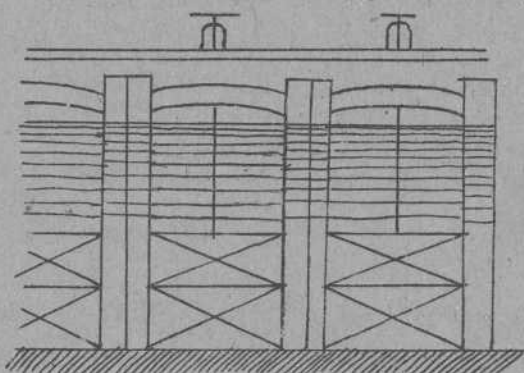


Fig. 296

niobras necesarias, puente que ha de estar cortado por encima, para permitir el paso de las compuertas.

El regulador, cuya situación se indica en el croquis de la figura 296, es una obra muy semejante a la anterior, con la diferencia de que el agua no debe saltar nunca por encima de la compuerta.

La obra se reduce, en el caso

de un canal ancho, figura 296, a dos estribos y pilas intermedias con sus ranuras de deslizamiento de las compuertas; ahora bien, como el agua no ha de pasar por encima, es preciso poner obstáculos que lo impidan. En el esquema de la figura 297, el puente de

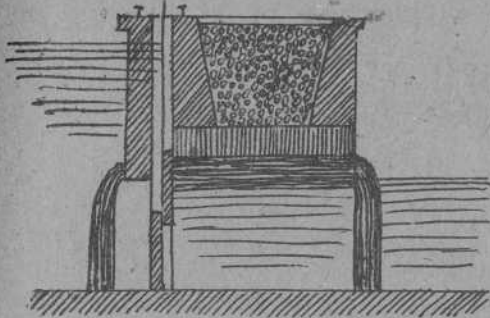
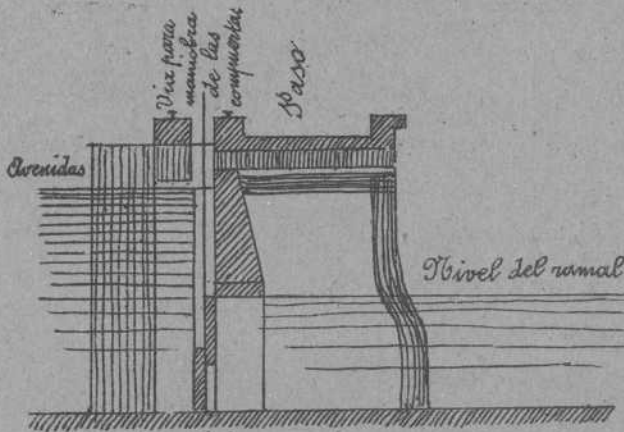


Fig. 297

manobra construido sobre bóvedas de arco rebajado, apoyadas en las pilas, sirve de barrera al paso del agua por encima de las compuertas y atendiendo a cuestiones de carácter económico, puede adoptarse la disposición de la figura 298.



1 Compuertas
1 Rebajo-Ataquina
Fig. 298

manobra construido sobre bóvedas de arco rebajado, apoyadas en las pilas, sirve de barrera al paso del agua por encima de las compuertas y atendiendo

Las compuertas han de estar dispuestas de modo que se puedan sacar fácilmente cuando haya que procederse a reparacion-

nes o limpieza.

Cuando se trata de un canal muy importante, donde haya varias compuertas y su manejo sea costoso, puede montarse sobre carriles, en el puente de maniobra, una grua con la que se hagan las maniobras con rapidez.

Las compuertas se maniobran para que en el canal el agua alcance una altura determinada, que se asegura disponiendo en la embocadura un aliviadero de superficie, figura 294; de esta manera si al funcionar las compuertas se deja entrar más agua de la debida, el exceso marcha por el aliviadero.

El objeto de los rebajos practicados delante de los correspondientes a las compuertas en las pilas y estribos, figura 296, es el de establecer ataguías cuando se inutilizan las compuertas; estas ataguías se constituyen introduciendo en las ranuras, viguetas puestas al tope y su empleo tiene lugar también aunque se trata, no ya de canales de riego, sino para aprovechamientos industriales, pues hay que prever el caso de que se inutilicen las compuertas.

Las pilas se deben hacer lo más estrechas posible, para no aumentar la longitud del regulador, siendo una solución aceptable la representada en la figura 299, en la que

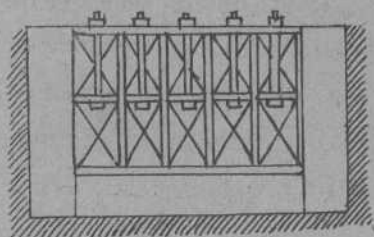


Fig. 299

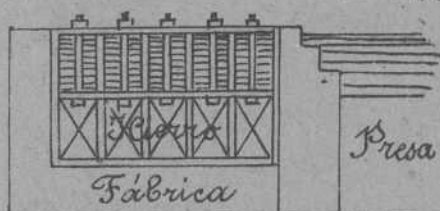


Fig. 300

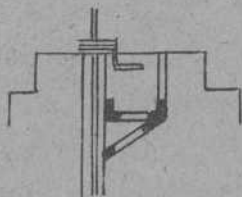


Fig. 301

se emplea para los estrabos obras de fábrica, siendo las pilas, montantes de hierro. La misma disposición puede servir figura 300, para compuerta del azud. Tanto en un caso como en otro se dispone un puente ligero, figura 301, para efectuar las maniobras.

El regulador se debe situar lo más próximo a la presa y perpendicularmente; se puede instalar oblicuamente, con lo que se evita la curva en el arranque del canal, pero si en este caso el regulador estuviera lejano de la compuerta, no se podría aprovechar ésta para quitar el aterramiento.

Cuando las compuertas son pequeñas, se maniobran a mano y a medida que van teniendo más importancia, se introducen mecanismos más potentes, teniendo que recurrir a veces a la maniobra hidráulica. La anchura de las compuertas suele estar comprendida entre 0,60 y 1,80 metros.

Ya digimos que algunas veces conviene hacer la presa en un estrechamiento formado por laderas abruptas, en cuyo caso se suele hacer la entrada del canal en túnel o mina, cuya boca se cierra con las compuertas. El aliviadero de superficie se instala en este caso a la salida del túnel y se debe poner además, un desagüe de fondo para quitar la arena.

El aliviadero de superficie, además de ir en la embocadura del canal, se deben disponer en el trayecto, pues cuando llueve el caudal que conduce el canal se incrementa con el agua procedente de las escorrentías de las laderas y hay que prevenirse contra este caso probable.

Hay también que construir almenaras, para poder cortar el agua en los trozos que convenga para hacer la limpieza sin tener que ir a quitarla al origen.

---:---:---:---:---:---:---:---:---

Canal entre muros



En el primer caso existe el inconveniente de ocupar mucho espacio el terraplén, cuyo talús es 1,5:1 y con los inconvenientes

ya señalados en otro lugar, hace que sea poco empleado,

Cuando la vaguada tiene alguna importancia, se hacen acueductos, figura 304, terminados con muros en ala o de acompañamiento. Estos acueductos, se construyen de fábrica, encontrándose la diferencia con los puentes ordinarios y de ferrocarril en la gran altura de obra que hay sobre la clave y que constituye el cajero del canal. Hay una particularidad esencial en estas obras, que es, el enlace de la parte de tierra en talud con el muro de fábrica vertical; hay varios procedimientos de enlace, consistiendo uno de ellos en el empleo de un paraboloides de acuerdo de generatrices horizontales, siendo directrices las rectas a y b c que constituyen una superficie uniforme o escalonada, figura 305. Otra solución consiste, figura 306,

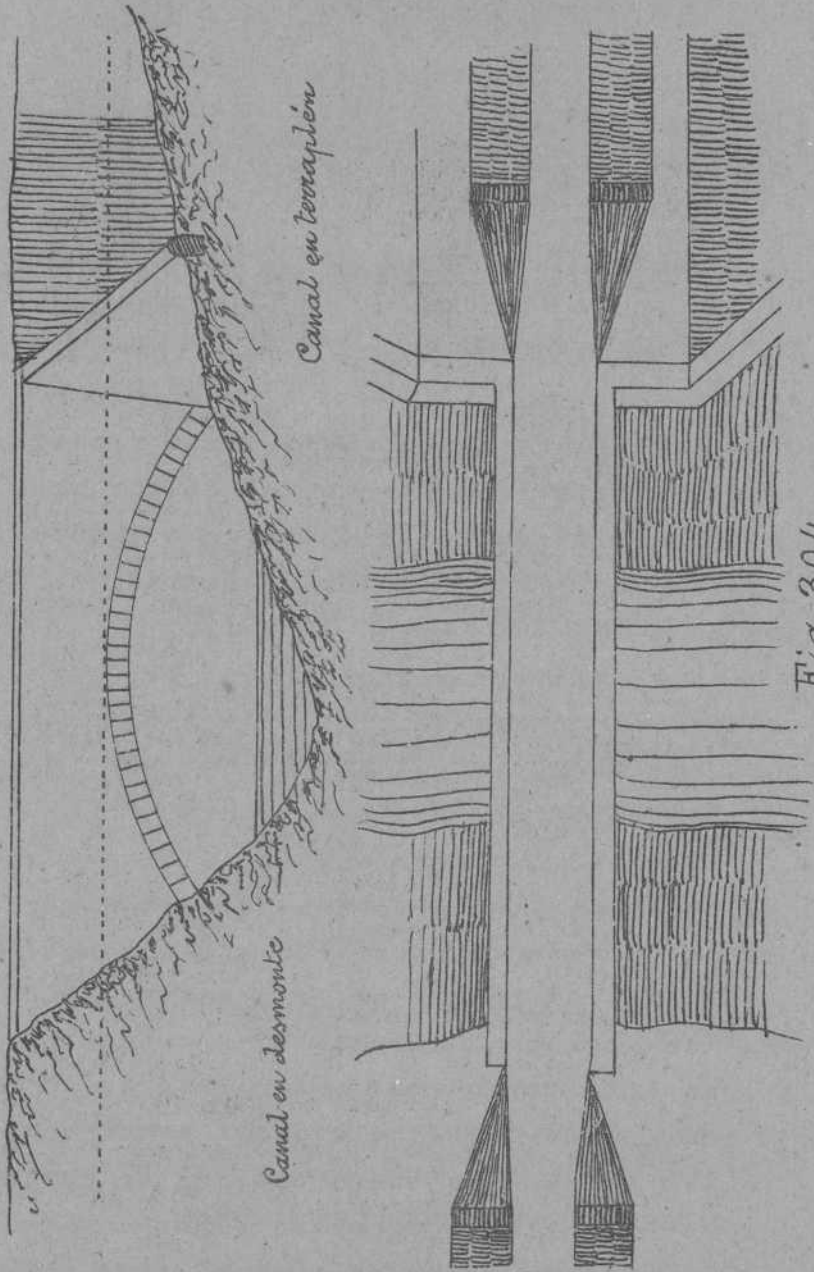


Fig. 304

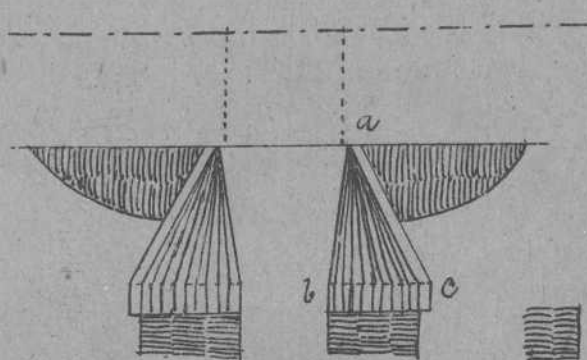


Fig. 305

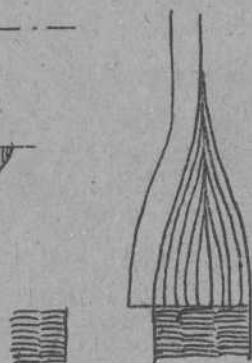


Fig. 306

en una superficie alabeada de directrices curvas y generatrices rectas en planos verticales paralelos, estudio que está basado en oponer la menor resistencia hidráulica posible.

En estas obras de fábrica, hay que estudiar también la sección y la pendiente con objeto de que el agua pase con más velocidad y la obra sea más estrecha.

Ocurre en ocasiones, que el canal cruce por torrentes o barrancos de escaso o nulo caudal ordinario, pero que son susceptibles de experimentar grandes crecidas, que arrastran un caudal sólido de importancia y entonces conviene que el canal pase por debajo formándose un lecho o cauce artificial.

En el caso de que cruce con un camino, puede hacerse bien por encima o por debajo. El paso del camino por encima, se hace como

en el caso de tratarse de un río ordinario y puede ocurrir que a la sección del canal se le dé forma rectangular, figura 307, cons-

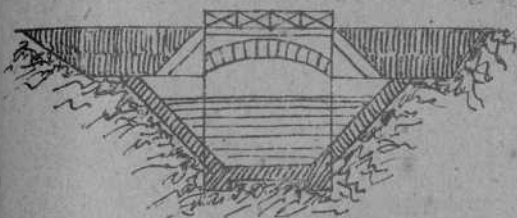


Fig. 307

truyendo un puente de fábrica, o bien que se conserve su mismo perfil, para lo cual está indicado un

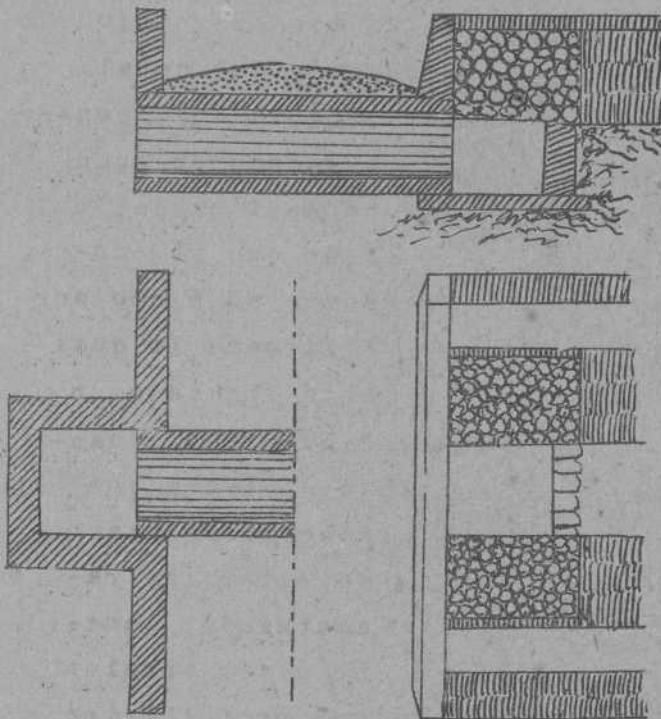
puente de hormigón armado, figura 308. Cuando se trata del



Fig. 308

caso particular de estar las rasantes del camino y del canal a muy poca diferen-

cia del nivel, para poder hacer un paso superior, se procede a la construcción de un sifón en la forma que se indica en la figura 309; se hace a la terminación del canal un pozo de muros verticales y un tubo de hormigón o metálico pone en comunicación este pozo con otro igual simétricamente colocado respecto al eje del camino, representándose en la figura 310, una sección por el plano A B. Cuando el canal pasa por encima del camino, figuras 311 y 312, se adoptan las mismas soluciones que para el cruce con la



vaguada, con la diferencia de que aquí hay que tener en cuenta la mayor altura de los carros cargados que hayan de circular por el camino y puede convenir, para ganar

Fig. 309

Sección AB

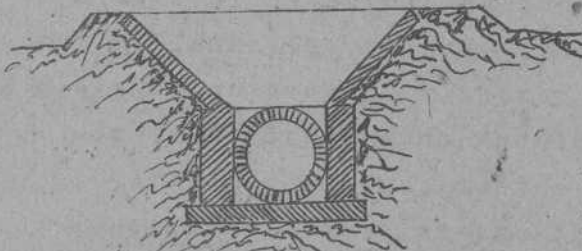


Fig. 310

altura, hacer un puente metálico de alma llena, cuyas vigas principales, con un fondo y convenientemente arriestradas constituyan el

cajero del canal. En este caso hay que tomar ciertas precauciones para permitir la libre

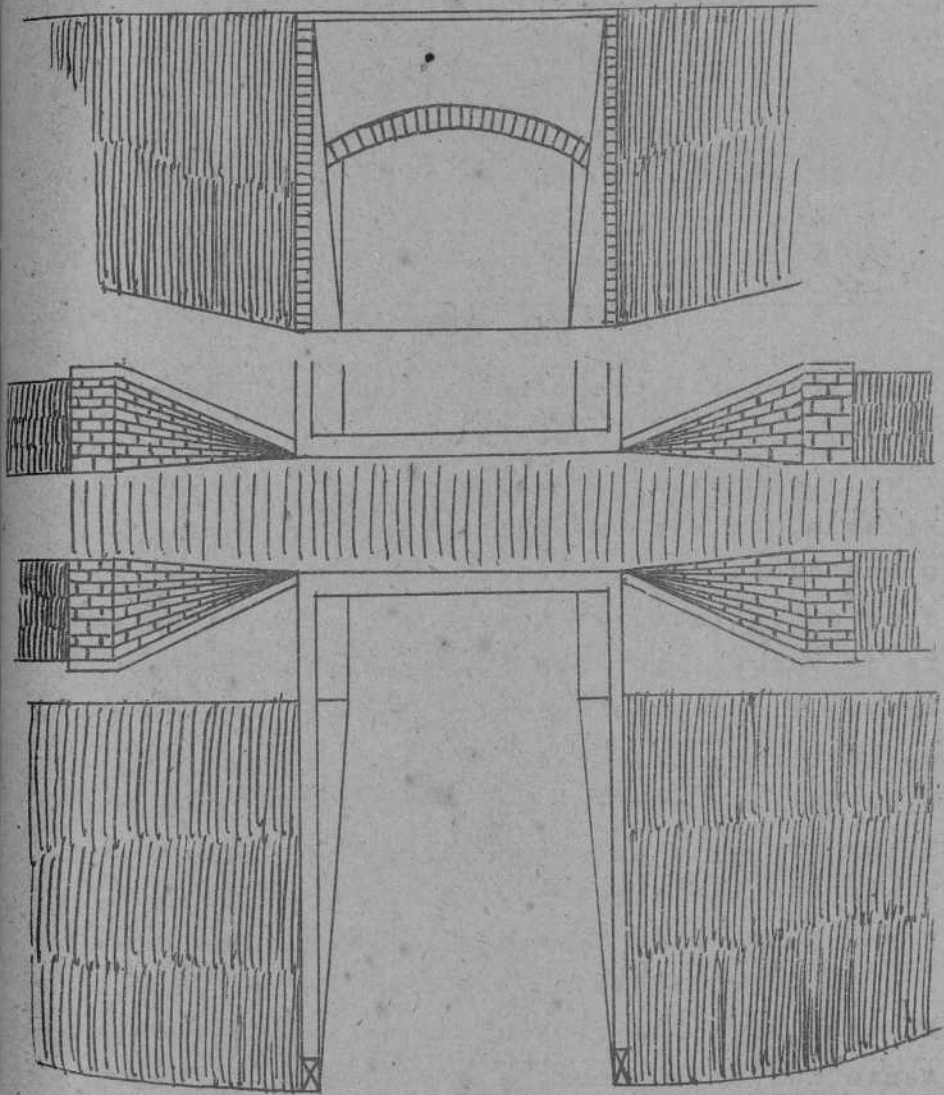


Fig. 311

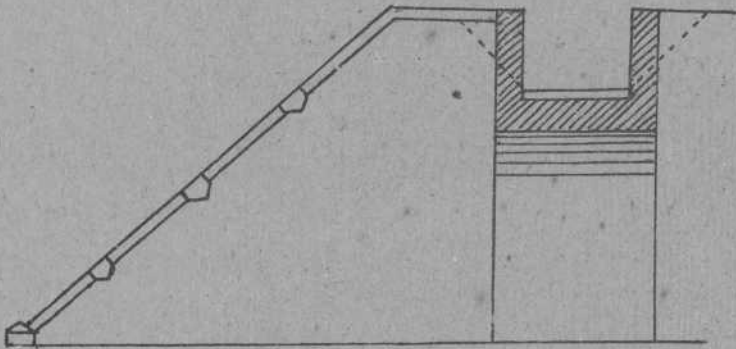


Fig. 312

dilatación del tramo metálico, que, aunque no es tan grande como en los puentes ordinarios, por estar las chapas en contacto con el agua, es sin embargo apreciable; estas precauciones consisten en disponer superficies de contacto de madera o caucho, a manera de marcos, por los que pueda deslizar el tramo, sin que se escape el agua, o bien puede terminarse el tramo por unas chapas flexibles que se empotran en la fábrica. La velocidad del agua en estos puntos del canal, conviene que sea alrededor de los dos metros por segundo para disminuir la sección.

DISTRIBUCIÓN DEL AGUA PARA EL RIEGO.

El agua para los riegos, no se toma generalmente del canal, sino que se deriva por medio de acequias y regueras. El canal que toma las aguas del río, viene por la ladera y va dominando toda la zona o superficie rega-

ble, que no es uniforme, sino que presenta una serie de ondulaciones constituidas por los valles secundarios que atraviesa el canal. Las divisorias que quedan entre el canal y el río, en la zona regable, son las que se aprovechan para abrir en ellas las acequias, de las cuales parten las regueras y en las vaguadas es donde se disponen almenaras de desagüe. Por consiguiente, la topografía del terreno, nos dará la distribución de las acequias, desagües y azarbes, que son acequias que recogen las aguas sobrantes y las echan al río, figura 313.

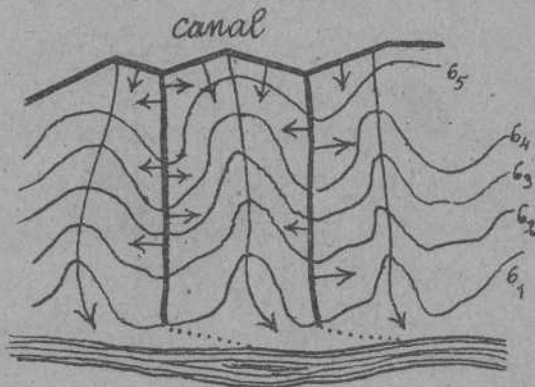


Fig. 313

La distribución de las regueras, depende de la parcelación del terreno, ya que van por las lindes de las propiedades, con el fin de

hacer más independiente el riego de las mismas.

Respecto a la dotación, ya hemos hablado anteriormente y digimos que dependía, especialmente del cultivo y de la clase de

terreno, habiendo asignado de caudal por hectárea 1 litro por segundo. Desde luego se comprende que ésta es la dotación de cálculo, y para el riego de esa hectárea no se da entrada constantemente al litro de agua, sino que se le da todo el caudal asignado en un tiempo menor, con un caudal mayor. Así, por ejemplo, tratándose de una Ha. de huerta, necesitará un riego semanal; en este tiempo el número de litros que le corresponde es $1 \times 7 \times 24 \times 60 \times 60 = 605020$ litros y suponiendo que se riega con un caudal de 30 litros por segundo, resulta que el riego semanal se hará en 5,6 horas, de modo, que si la reguera lleva un caudal continuo de 30 litros por segundo, podrá servir para el riego de 30 Ha.; siendo éste el caudal que conducen generalmente las regueras, aún cuando se hacen algo mayores, cuando lo exige la extensión del terreno, pero en el caso de que hayan de ser mucho más grandes, se hacen dos regueras en vez de una.

Las acequias van por las divisorias, y por consiguiente, no se puede disponer de la pendiente como en el caso de los canales; cuando la pendiente es excesiva, se dispone en la caja, para evitar socavaciones, saltos y rápidos.

En los saltos, cuando son grandes, para amortiguar el golpe se dispone un colchón de agua, figura 314, y como en este sitio

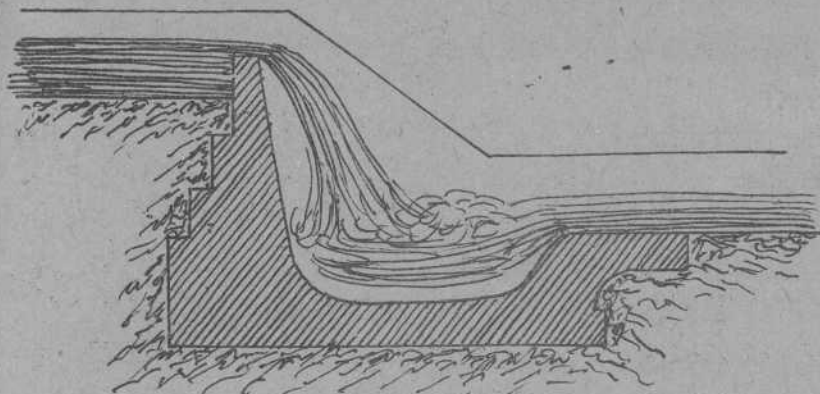


Fig. 314

hay un aumento de velocidad habrá que disponer un vertedero, de modo que su sección, por la velocidad, dé el caudal que conduce el canal. En los rápidos, figura 315, se es-

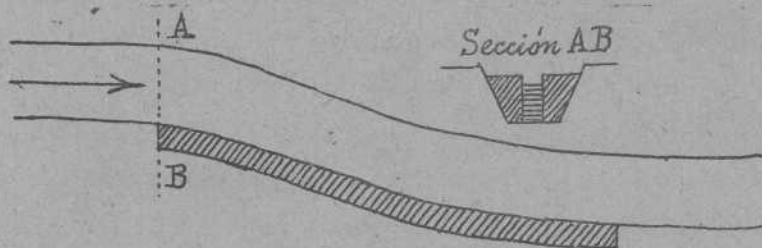


Fig. 315

trecha también la sección con el mismo objeto o se aplica el procedimiento vertedero.

Las regueras se tapan con tierra y cesped o bien con chapas de hierro o con ver-



- L X X V I I -

P A N T A N O S

Las grandes presas de embalse, sirven para almacenar el agua, que puede utilizarse, bien para el riego de una región o para abastecimiento de una cierta población.

Pueden situarse en la cuenca de un río para regularizar su régimen, por no traer bastante agua en el verano y llevar sobrada en el invierno, siendo el lugar preciso de ubicación del embalse, un estrechamiento del cauce tal, que aguas arriba exista un ensanchamiento natural del valle. A veces, se hacen los embalses en sitios donde no existen corrientes de agua, contando solo con las aguas de lluvia, de escorrentía de las laderas.

Respecto al cálculo de las presas, ya se conoce por la asignatura de Mecánica aplicada; son obras de gran responsabilidad para el Ingeniero, muy costosas y cuya ruina da lugar a catástrofes espantosas, razones por las cuales hay que estudiarlas y calcularlas muy bien.

La ubicación de los pantanos ha de relacionarse, en primer lugar, por la extensión de las tierras regables y han de estar situados en sitios tales, que puedan recoger el agua necesaria; estas condiciones implican hacer un estudio topográfico, geológico e hidrológico de la cuenca. El estudio topográfico tiene por objeto hacer un gran embalse con obras pequeñas, de modo que la presa sea lo más corta posible. Mediante el estudio hidrológico se llega a conocer el régimen de lluvias de la región y a formar estadísticas de afloros para calcular el agua que se podrá embalsar, de modo, que construida la presa no le falte.

El volumen del embalse se calcula por medio de fórmulas más o menos complicadas, de las cuales citamos la siguiente, figura 317, que nos da el volumen entre dos curvas a y b, siendo e la equidistancia entre las dos curvas extremas:

$$V = \frac{1}{6} (A + 4C + B) e$$

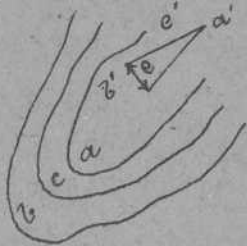


Fig. 317

en la que A es el área encerrada por la curva a, B el área que comprende la curva b, C el área limitada por la curva intermedia y e la distancia vertical entre las dos curvas a y b.

Además de este volumen, hay que tener en cuenta un suplemento para prever los efectos del atarquinamiento, del embalse y la evaporación, y una vez conocido el volumen total, con los planos de conjunto a la vista, se deduce hasta qué altura ha de llegar la presa.

El estudio geológico es muy importante e indispensable para conocer la naturaleza del terreno, que debe ser impermeable en la zona que comprenda el embalse, aún cuando con terrenos permeables puede el agua no escaparse, figura 318, pues si hay un sincli-

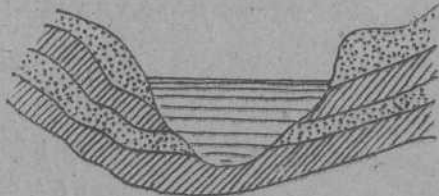


Fig. 318

nal en el valle, puede construirse la presa siempre que no haya temor a que se escape el agua por los estratos permea-

bles a lo largo del valle.

Respecto al cimiento, también se necesita un estudio detenido, pues de él depende la estabilidad de la obra y se debe procurar que la cimentación se haga en roca, asegurándose de que la capa elegida tenga el espesor suficiente para no cometer planchas; cuando el terreno es arcilloso, existe el peligro de que se produzcan deslizamientos que determinarían la ruina de la obra. No debe cimentarse sobre pilotajes, pues las filtraciones, por ser la presión del agua muy grande en los cimientos, socavarían y determinarían la destrucción de la obra. Es conveniente que la presa encaje perfectamente en las laderas.

Las grandes catástrofes ocurridas por roturas de presas, han enseñado prácticamente los defectos de construcción que en ellas existían, enseñanza dolorosa, pero eficaz. Las presas que se han arruinado, eran casi todas rectas, lo cual viene a demostrarnos que convienen las presas curvas, con la conexidad aguas arriba, por lo cual se obtiene una resistencia mucho mayor, que si se calculara para resistir solamente con su peso. También pueden calcularse como bóvedas empotradas en las laderas y de esto

hay algunos ejemplos en presas construídas en América del Norte.

Determinada la ubicación y altura de la presa, ésta se puede hacer de tierra, de escollera, de fábrica o mixta. La presa de tierra, no necesita para su cimentación de roca dura, sino que conviene mejor terrenos arcillosos o de arena fina y arcilla; en lugar de hacer la presa de tierra, es mejor poner en su interior una pantalla impermeable de arcilla o mampostería. La causa de la ruina de estas obras, es dejar que vierta el agua por la coronación de la presa, por insuficiencia del aliviadero, por defectos en las obras de toma al través de la presa o por defectos de construcción.

Un tipo que da muy buenos resultados es el Ambursen, figura 319. La presa es de

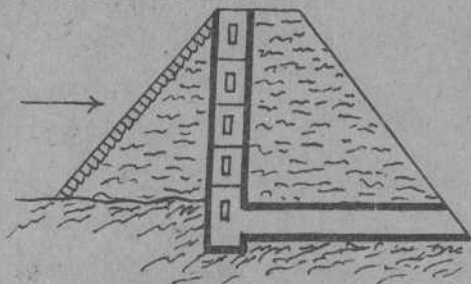


Fig. 319

tierra o escollera con un alma formada por dos muros paralelos de hormigón armado separados por tabiques verticales formando

celdas, que se comunican por medio de ventanas y son visitables mediante una galería practicada en la región inferior, y cuya en-

traza está en la parte baja.

Constrúyense, también, presas de escollera con el talúd de aguas arriba de horrigón armado o en masa.

Se construyen las presas de tierra por tongadas, bien apisonadas, y en los Estados Unidos se emplea el procedimiento hidráulico haciendo que el agua socave las laderas y arrastre bastante caudal sólido, que se hace sedimentar en el lugar de la presa, la cual se va formando por atarquinamiento. Estas presas no se calculan por ser grande su estabilidad, existiendo el peligro del deslizamiento siendo un inconveniente grave la mucha extensión que ocupan y la poca altura que pueden alcanzar.

En las presas de fábrica, lo más importante es la cimentación, pues siendo su altura de 50, 60 o más metros, la presión del agua es muy grande, y hay que cimentar sobre roca resistente. El perfil de la presa ya sabemos que el adoptado en España es el triangular, ligeramente reformado en su coronación, figura 320, y para disminuir la separación de las curvas de presión, a embalse lleno y a embalse vacío, los alemanes ponen aguas arriba un terraplén en contacto con el paramento de la presa. Estas presas tie-

nen que estar bien construidas, debiendo imperar sobre todo la homogeneidad; se emplea la mampostería ciclópea y como los grandes bloques se unen entre sí grandes huecos, éstos se rellenan con hormigón hidráulico en vez de mortero; los paramentos deben ser de sillería o mampostería concertada, tomada con mortero de cemento portland; no deben hacerse hiladas, pues conviene que haya buena trabazón, pero en caso de hacerlas, han de ser normales a la curva de presiones. El enlace con las laderas se hace mediante retallos, que algunos critican porque dicen que dan lugar a grietas.

Para la construcción de la presa hay que trabajar en seco, siendo preciso desviar el arroyo o río, abriendo un túnel en la ladera. Digimos que había que procurar que el agua no vertiese por la coronación de la presa, a no ser que en algunos casos se tiene en cuenta en el cálculo, y para ello se construyen aliviaderos de superficie, que vienen a ser como válvulas de seguridad de la presa. Estos aliviaderos se pueden hacer en prolongación de la presa o en dirección normal, con un murete en forma de gola.

Al calcular la presa, se toma el nivel del agua en el aliviadero y para el cálculo

lo de éste, tendremos que determinar la longitud necesaria para que durante las avenidas y en el caso de

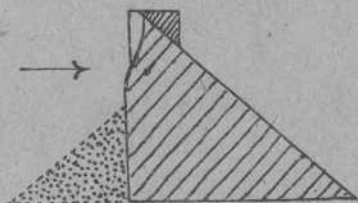


Fig. 320

sorprender lleno el embalse, no salte por la coronación de la presa.

A continuación del aliviadero, se construye un canal o cauce de

mucha pendiente, para que corra el agua sobrante y no vaya a verter al pie de la presa.

Las tomas de agua se disponen de ordinario en los costados, en el fondo y a distintas alturas, haciendo uso de cada una de ellas, según sea la altura del agua en el embalse, a fin de evitar a la salida del líquido fuertes presiones. También se construyen desagües de fondo para la limpia, que se colocan en la parte más baja.

El cierre de las tomas se hace por medio de compuertas, que se maniobran a mano o automáticamente, teniendo en cuenta que el deslizamiento se convierta en rodadura, por medio de rodillos, con lo cual se evita el rozamiento debido a la presión del agua; que dificulta las maniobras. También se puede aplicar la fuerza hidráulica para estas operaciones, empleando el mismo embalse,

otro de aguas arriba o bien un algibe, desde donde se hace una conducción de agua a los aparatos de la presa.

-XXXXXXXXXXXXXXXXXX:-

- : F I N :-

Caudal máximo diario

$32800 \times 140 \times 1,5 = 6888000$ litros = 6888 me-
tros cúbicos.

Cálculo que ha de llevar la cañería
maestra.

Caudal máximo horario.

$$\frac{32800 \times 140 \times 1,5}{24} \times 1,5 = \sim 3280 \times 140 = 459200$$

litros.

Caudal en metros cúbicos por segundo

$$Q = \frac{459.200}{60 \ 60} = \sim 0,128 \text{ metros cúbicos por se-}$$

gundo.

Al hacer el cálculo de la sección del canal de conducción, hay que introducir en las fórmulas de la Hidráulica el caudal encontrado anteriormente, expresándole también en metros cúbicos por segundo.

‡

‡

‡

2.º "Se quiere asegurar el abastecimiento de una población de 2000 habitantes con agua de lluvia durante un periodo de 40 años, siendo 1 % el aumento de población y 50 litros la dotación que se asigna por habitante y día. Calcular la extensión de las gras y la capacidad de los algebres."

Población a los 40 años.

$$P_{40} = 2000 \left(1 + \frac{1}{100} \right)^{40} = \sim 3000 \text{ habitantes.}$$

Consumo medio mensual.

$$3000 \times 50 \times 30 = 4500000 \text{ litros} = 4500 \text{ m}^3$$

Alturas pluviométricas medias en los 12 meses del año en la región de que se trata

Enero.....	54 mm.....	Julio.....	2 mm
Febrero.....	27 mm.....	Agosto.....	5 mm
Marzo.....	28 mm.....	Septiembre..	41 mm
Abril.....	35 mm.....	Octubre.....	102 mm
Mayo.....	9 mm.....	Noviembre...	30 mm
Junio.....	35 mm.....	Diciembre...	11 mm

Total anual 379 mm.

Promedio de las medias mensuales en metros.

$$\sim 0,032 \text{ m.}$$

Coefficiente de escorrentía, de las eras = 0,7.

Superficie de las eras, en metros cuadrados.

$$\Omega = \frac{4500}{0,7 \times 0,032} = \sim 2 \times 10^5 \text{ metros cuadrados}$$

Multiplicando el producto $0,7 \times \Omega$, por las medias mensuales y tomando por ordenadas las sumas de los valores que resulten y por abscisas los meses, se dibuja la curva de abastecimiento, figura F. La represen-

tación del consumo se supone que es una rec-
ta.

Escala de ordenadas $1:0,7 \times 2 \times 10^5 \times 4$

Unidad, el metro.

Ordenada comprendida entre las tan-
gentes externas trazadas a la curva de abaste-
cimiento y paralelas a la recta del consumo.

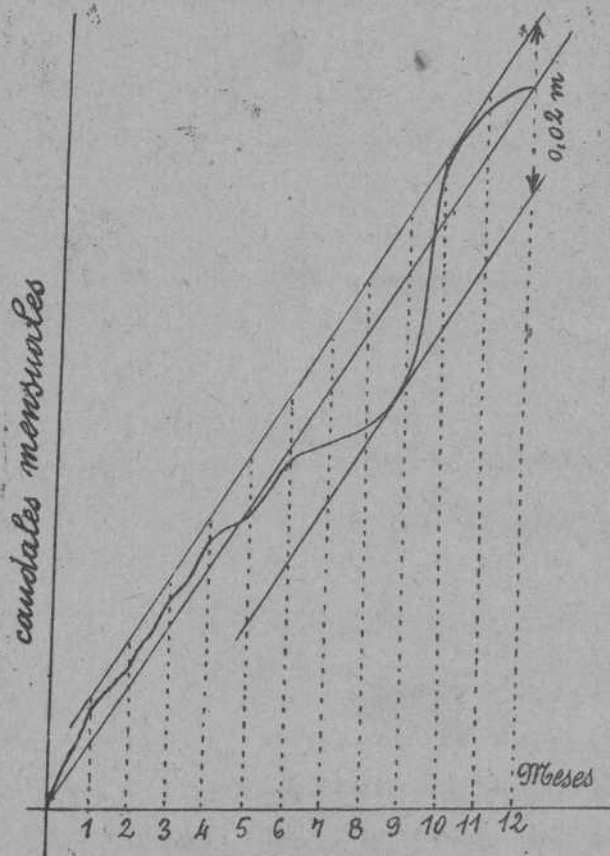


Fig. I

Capacidad de los aljibes

$$0,02 \times 0,7 \times 2 \times 10^5 \times 4 = 11200 \text{ m}^3$$

3: "Se llega al punto de cota (90) con un canal de conducción y hay que atravesar un valle con un sifón, cuyo perfil se define en la figura II, y cuyo gasto es de 200 litros por segundo.

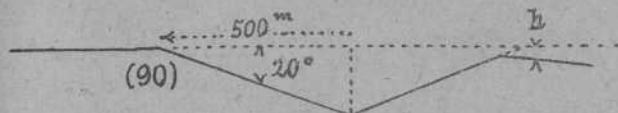


Fig. II

Cálculo del diámetro del sifón

$$Q = 0,2 \text{ m}^3 : \text{s}$$

$$v = 1 \text{ m} : \text{s}$$

$$0,2 = \frac{\pi d}{4} v \quad d = \frac{0,8}{3,14} = 0,2547 \text{ m} \quad d = 0,50 \text{ m}$$

Tubo inmediato inferior $d = 0,50 \text{ m}$.

Cálculo de la pérdida de carga

(Fórmula aproximada para abreviar el cálculo)

$$h = 0,002 \times \frac{l}{d} \times v^2$$

$$0,2 = \frac{3,14 \times 0,5^2}{4} v \quad v = \frac{0,8}{3,14 \times 0,25} = \sim 1,02 \text{ m:s}$$

$$J = \frac{h}{l} = 0,002 \times \frac{1,02^2}{0,5} = 0,0041616 \text{ m}$$

$$l = l' + l' - \frac{4}{\cos 70} = 2 l' - \frac{4}{\sin 20^\circ}$$

$$l' = \frac{500}{\cos 20^\circ}$$

$$\cos 20^\circ = 0,94 \quad \sin 20^\circ = 0,342$$

$$h = 0,0041616 \left(2 \frac{500}{0,94} - \frac{h}{0,342} \right) = \sim 4,40 \text{ m.}$$

Cota de la cabeza de salida =
 = 90 - 4,4 = 85,6

4.º Calcular el canal que antecede al sifón en el problema anterior.

$$Q = A v \quad v = K \sqrt{R I} \quad K = \frac{100 \sqrt{R}}{0,35 + \sqrt{R}}$$

$$Q = 0,2 \text{ m}^3 : \text{S}$$

$$v = 1 \text{ m} : \text{S}$$

Adoptamos como más conveniente la sección circular que calcularemos para el caudal máximo. Véase en la página 235.

$$A = 0,2 = 3,082 r^2 \quad r^2 = 0,0648 \quad r = 0,254 \text{ m}$$

$$R = 0,573 \times 0,254 = 0,146$$

$$1 = K \frac{1}{0,146 \times I} \quad I = \frac{1}{K^2 \times 0,146}$$

$$K = \frac{100 \sqrt{0,146}}{0,35 + \sqrt{0,146}} = 52,18$$

$$1 = \frac{1}{52,18^2 \times 0,146} = 0,0023 \text{ m.}$$

5.º ELEVACION DE AGUAS.

Datos. Población 4000 habitantes.

Aumento de población 1 %.

Ración de agua. 50 litros por día y habitante.

Altura de elevación. 50 m (Diferencia entre el nivel más alto del depósito y el

más bajo del agua en el pozo de bombas).

Longitud de la cañería 200 m.

Las bombas trabajan 10 horas al día.

CÁLCULO DE LA CAÑERÍA.

Debe ser capaz para el máximo diario a los 40 años.

Población a los 40 años

$$P = 4000 \left(1 + \frac{1}{100} \right)^{40} = \approx 6000 \text{ habitantes}$$

Caudal máximo diario

$$6000 \times 50 \times 1,5 = 450000 \text{ litros}$$

Caudal por segundo para 10 horas de trabajo

$$Q_{40} = \frac{450}{10 \times 60 \times 60} = 0,0125$$

Velocidad del agua = 0,8 metros por segundo.

Diámetro de la cañería

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} v$$

$$d = \sqrt{\frac{4 Q}{\pi v}} = \sqrt{\frac{0,05}{3,142 \times 0,8}} = 0,14 \text{ m.}$$

Hay que tomar el diámetro de fábrica inmediatamente superior

$$d = 0,15 \text{ m.}$$

POTENCIA DE LAS MÁQUINAS.

Altura de elevación $h = 50$ m.

Pérdida de carga h_1 . Las máquinas han

de servir 20 años; por la cañería de 0,15 ha de pasar el máximo que corresponde a esa época.

Población a los 20 años.

$$P_{20} = 4000 \left(1 + \frac{1}{100} \right) = \sim 5000 \text{ habitantes}$$

Caudal

$$Q = \frac{5000 \times 50 \times 1,5}{1000 \times 10 \times 60 \times 60} = 0,0104 \text{ m}^3$$

h_1 , se puede determinar por la fórmula de Darcy-Sonne

$$h_1 = \left(0,01987 + \frac{0,0005072}{0,15} \right) \frac{200}{0,15} \times \frac{v^2}{19,6} \gamma$$

Se deduce v

$$v = \frac{Q_{20}}{A} = \frac{0,0104}{0,0177} = 0,59$$

$$v^2 = 0,35$$

El coeficiente de Sonne vale

$$\gamma = 1,9$$

$$h_1 = \left(0,01987 + \frac{0,0005072}{0,15} \right) \frac{200}{0,15} \times \frac{0,35}{10,6} \times 1,9 = 1,05 \text{ m}$$

Por la fórmula de Sonier

$$i = 0,00214 \frac{Q_{20}^2}{d^{5,3}} = 0,00214 \times \frac{0,0104}{0,15^{5,3}} = 0,005385$$

$$i \times L_1 = 0,005385 \times 200 = 1,08 \text{ m}$$

$$H = h + h_1 = 50 + 1,08 = 51,08 \text{ m}$$

Coeficiente de aprovechamiento de motores 0,85; de bombas 0,85.

Potencia necesaria =

$$= \frac{0,0104 \times 51,08 \times 1000}{75 \times 0,85 \times 0,85} = 10 \text{ caballos-vapor}$$

6.º DISTRIBUCIÓN DE AGUAS

Datos:

Población 3000 habitantes

Dotación 60 l: habitante y día.

Longitud total de tubería 2000 mm.

Cota en A (114 m).

Cota en B (100 m).

En la figura III se acotan diversos puntos del terreno y las longitudes de los trozos de cañería.

La distribución es ramificada y el caudal se reparte proporcionalmente a la longitud de cañería.

Caudal diario

$$60 \times 3000 = 180000 \text{ l,} = 180 \text{ m}^3$$

$$\text{Máximo horario} = \sim 18 \text{ m}^3$$

Caudal por metro lineal

$$q = \frac{18}{60 \times 60 \times 2000} = 0,0000025 \text{ m}^3 : \text{s}$$

El cálculo de la distribución queda resumido en los siguientes cuadros:

Número de la tubería	Longitud de la tubería en ms -L+	Caudal por metro lineal en l:s -q-	Caudales sin contar el caudal del agregante en m:s		Caudal del hidrante m:s	Caudales de cálculo F : s
			Parciales	Totales		
I	150	0,0000025	0,000375	0,000375	0,005	0,005375
VII	60	"	0,000150	0,000150	"	0,005150
II	130	"	0,000325	0,000650	"	0,005650
VIII	80	"	0,000200	0,000200	"	0,005200
III	120	"	0,000300	0,001350	"	0,006350
IX	90	"	0,000225	0,000225	"	0,005225
IV	100	"	0,000250	0,001825	"	0,006825
X	120	"	0,000300	0,000300	"	0,005300
XIII	80	"	0,000200	0,000200	"	0,005200
XI	100	"	0,000250	0,000750	"	0,005750
XIV	80	"	0,000200	0,000200	"	0,005200
XII	40	"	0,000100	0,001050	"	0,006050

V	30	0,000025	0,000075	0,002950	0,005	0,007950
IV	...	.....	0,001825			
XII	...	.....	0,001050			
XV	180	"	0,000450	0,000450	"	0,005450
XVII	80	"	0,000200	0,000200	"	0,005200
XVI	160	"	0,000400	0,001050	"	0,006050
VI	200		0,000500	0,004500	"	0,009500
V	...	.....	0,002950			
XVI	...	.....	0,001050			
XVIII	100	"	0,000250	0,000250		0,005250
Cañería maestra	100		0,000250	0,000250		0,005250
VI	...	.....	0,004500			
XVII I	...	.....	0,000250			

Número de la tubería	Pérdida de carga en M.I	Pérdida de carga total	Velocidad en m : s	Diámetro en CM
I	40	6,00	1,08	80
VII	36	2,28	1,05	80
II	27	3,51	0,93	90
VIII	40	3,20	1,06	80
III	30	3,60	1,00	90
IX	40	3,60	1,07	80
IV	35	3,50	1,07	90
X	40	4,80	1,07	80
XIII	39	3,42	1,05	80
XI	45	4,60	1,15	80
XIV	39	3,42	1,05	80
XII	26	1,13	0,95	90
V	29	0,87	1,02	100
XV	43	7,74	1,1	80
XVII	39	3,42	1,05	80
XVI	38	6,08	1,02	80
VI	39	7,80	1,20	100
XVIII	40	4,00	1,07	80
Cañería maestra	13	1,30	0,80	125

Pérdida de carga a lo largo de la cañería principal. I, II, III, IV, V, VI y cañería maestra.

$$6+3,51+3, 60+3,50+0,87+7,80+1,30 = 26,58 \text{ m.}$$

Es preciso para que en el punto B de cota 400 exista una carga de agua de 20 ms. que la cota de la superficie del agua en el depósito regulador sea

$$100+26,58+20 = 146,58 \text{ ms.}$$

7ª DISTRIBUCIÓN DE AGUAS.

Datos:

En la lámina IX se representa un trozo de una población que se trata de abastecer siguiendo el sistema de distribución reticulado.

Densidad de población: 3000 habitantes por hectárea.

Ración de agua: 120 litros por habitante y día.

Para la determinación de los caudales, una vez hecho el trazado de las cañerías, se dibujan las bisectrices de los ángulos que forman, limitándolas en sus puntos de intersección, y se hace la hipótesis de que cada trozo de cañería abastece a la parte de población limitada por el contorno poligonal del cual es diagonal.

Los habitantes que habitan en una

hectárea necesitan al día

$$300 \times 120 = 36000 \text{ litros}$$

Máximo horario

$$\sim \frac{36000}{10} = 3600 \text{ litros}$$

Caudal por segundo y por hectárea

$$\frac{3600}{60 \times 60} = 1 \text{ lit}^\circ : \text{s} : \text{ha.}$$

Para calcular los diámetros, habrá que hacer la hipótesis de que la red fuese alimentada por cada una de las cañerías generales independientemente de la otra y tomar para cada trozo el mayor de los diámetros que resulten, pero bastará para ejercitarnos con suponer uno solo de los dos casos posibles de alimentación indicado por la flecha, Se supone también que cada cañería de primer orden I, II, III, IV, V, VI, alimenta la mitad de las cañerías secundarias, VII, VIII.....

Al caudal de cada cañería hay que añadir el de dos hidrantes o sea 10 litros.

Cañería I.

$$Q = 0,108 + 0,72 + 0,25 \times 10 + 0,5 \times 9 + \frac{0,5 \times 0,18}{2} + 10 = 17,21$$

litros

$$d = 150 \text{ mm.} \quad j = 14 \text{ mm.} \quad v = 0,98 \text{ m:s}$$

Cañería II.

$$Q = 0,25 \cdot 10 + 0,5 \cdot 8 + 10 = 16,5 \text{ litros : s}$$
$$d = 150 \text{ mm} \quad j = 13 \text{ mm} \quad v = 0,92 \text{ mm}$$

Cañería III.

$$Q = 0,25 \cdot 8 + 0,5 \cdot 6 + 10 = 15,0 \text{ litros : s}$$
$$d = 12 \text{ mm} \quad j = 30 \text{ mm.} \quad v = 1,20 \text{ m : s}$$

Cañería IV.

$$Q = 0,25 \cdot 6 + 0,5 \cdot 4 + 10 = 13,5 \text{ litros : s}$$
$$d = 125 \text{ mm.} \quad j = 23 \text{ mm.} \quad v = 1,08 \text{ m : s}$$

Cañería V.

$$Q = 0,2 \cdot 4 + 0,2 + 10 = 12 \text{ litros : s}$$
$$d = 12 \text{ mm.} \quad j = 18 \text{ mm.} \quad v = 0,9 \text{ m : s}$$

Cañería VI.

$$Q = 0,25 \cdot 2 + 10 = 10,5 \text{ litros : s}$$
$$d = 125 \text{ mm.} \quad j = 14 \text{ mm.} \quad v = 0,85 \text{ m : s}$$

Cañería VII.

$$Q = \frac{0,5 \times 0,18}{2} + 10 = 10,34 \text{ litros : s}$$
$$d = 125 \text{ mm.} \quad j = 12 \text{ mm.} \quad v = 0,82 \text{ m : s}$$

Cañerías VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI.

$$Q = 0,5 + 10 = 10,50 \text{ litros : s}$$
$$d = 125 \text{ mm.} \quad j = 15 \text{ mm.} \quad v = 0,85 \text{ m : s}$$

Todos estos resultados se consignan en el siguiente cuadro y en el plano de la lámina IX.

Número de la cañería	Caudal en litros:s	Diámetro en mm	Pérdida de carga por metro líq. en mm	Pérdida de carga total en metros	Velocidad en m: s
I	17,21	150	14	0,84	0,98
II	16,50	150	13	1,30	0,92
III	15,00	125	20	3,00	1,20
IV	13,50	125	23	2,30	1,08
V	12,00	125	18	1,80	0,95
VI	10,50	125	14	1,40	0,85
VII	10,34	125	12	1,80	0,82
VIII	10,50	125	14	2,10	0,85
IX	10,50	125	14	2,10	0,85
X	10,50	125	14	2,10	0,85
XI	10,50	125	14	2,10	0,85
XII	10,50	125	14	2,10	0,85
XIII	10,50	125	14	2,10	0,85
XIV	10,50	125	14	2,10	0,85
XV	10,50	125	14	2,10	0,85
XVI	10,50	125	14	2,10	0,85

8: En el croquis acotado, figura IV, se representan los ejes de cuatro calles cuyas pendientes bajando se indican con flechas y se trata de establecer las cañerías de distribución.

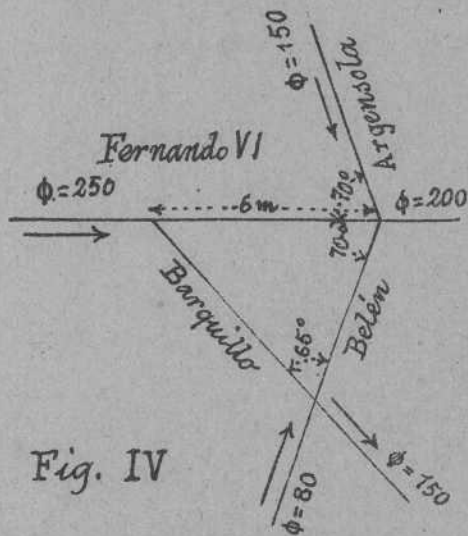


Fig. IV

Una de las soluciones que se pueden adoptar se indica en la lámina VIII.

Las piezas que se necesitan en cada tubería son las siguientes:

Calle de Fernando VI.

Tubos de enchufe y cordón de 250 y 200 mm. de diámetro, un tubo cónico, pieza R, para el cambio de sección.

$$L = 1000 \text{ m} \quad r = 120 + \frac{20}{10} = 140$$

Tres piezas A para las curvas de tres derivaciones.

Calle de Argemosa.

Pieza A.

$$D = 2500 = 1500 + 100 + \frac{150}{2} + 0,2 \times 250 = 225,1 = 0,1 \times 150 + 120 = 135$$

Llave L = 360

Desagüe Q

$$d=50 \text{ " } L=150+100=250 \text{ " } l=\frac{1}{2} \times 150 + \frac{1}{2} \times 50 + 100 = 200$$

Pieza E L = 300

Tubos L = 3000 " D = 150

Pieza J L = 6000 " R = 150+150 = 300

Calle del Barquillo.

Pieza A D=250 " d=150 " a=225 " l=135

Llave L = 360

Pieza F L = 600

Pieza E L = 300

Pieza N R = 150 + 250 = 400

Calle de Belén.

Pieza A

$$D=250 \text{ " } d=80 \text{ " } a=100 + \frac{80}{2} + 0, 2 \times 250 = 190 \text{ " } l=0, 1 \times 80 + 120 = 128$$

Llave L = 290

Desagüe 2

$$L=80+100=180 \text{ " } d=40 \text{ " } l=\frac{1}{2} \times 80 + \frac{1}{2} \times 40 + 100 = 160$$

Pieza E L = 300

-:XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX:-

- : F I N : -

XX

I N D I C E D E M A T E R I A S

	Página
Prólogo	3
NOCIONES SOBRE LOS MICROORGANISMOS. Bacterios: formas que presentan; clasificación y procedimientos se- guidos para su destrucción.	5
HIGIENE DE LAS POBLACIONES.- Causas de insalubridad.- Naturaleza del terreno; condiciones topográficas y climatológicas.- Circulación ur- bana.	12
Otras causas de insalubridad: la ha- bitación, la alimentación, el agua. -Condiciones que debe reunir el a- gua según el uso que de ella ha de hacerse.	20
Más causas de insalubridad: acción de los seres vivos entre sí; in- mundicias o residuos; las deyec- ciones; las aguas de riego, de lluvia e industriales; las basu- ras caseras; los cementales; la industria y el comercio.- Medios de defensa y medidas de sanea- miento.- Medio urbano.	29

Estudio y comparación de los distintos sistemas de afirmado que se emplean en la vía pública: asfalto; entarugado; adoquinado; empedrado y piedra machacada	40
Saneamiento de la habitación: ventilación; calefacción.	45
Ventilación de las poblaciones: modo de agrupar las casas; trazado de las calles.	49
La alimentación: inmundicias.	53
PALUDISMO: agentes de propagación: medios de defensa.	55
SANEAMIENTO DE LOS TERRENOS: avenamiento, drenajes.-Desecación: por evacuación continua o discontinua; elevación mecánica.-Atarquinamiento: diversos procedimientos.	63
ABASTECIMIENTO DE AGUAS.-Cantidad de agua que se necesita para una población.	90
Calidad de las aguas.-Caracteres físicos: turbiedad, color, olor y sabor	103
Temperatura.- Caracteres químicos: dureza.	111
Caracteres biológicos: ensayos al microscopio: examen bacteriológico	132
CAPTACIÓN Y UTILIZACIÓN DE AGUAS PARA LOS ABASTECIMIENTOS.- Agua de lluvia: manera de utilizarla.-Caida de los algibes.-Algibes filtrantes.	146

Utilización de las aguas superficiales.-Aforos.-Cálculo de los embalses.	159
Aguas subterráneas.-Manantiales: clasificación.	170
Obras que se hacen para la captación de las aguas de los manantiales.- Precauciones que se adoptan en la toma.	185
Pozos.- Velocidad del agua.- Formas de dar salida al agua de los pozos.-Pozos someros, profundos y artesianos.-Avenamientos.	194
CONDUCCIÓN DE AGUAS.- Generalidades.-Conducción libre y forzada.-Fórmulas de cálculo para la conducción de canales: deducción y empleo.	212
Conducción forzada.-Fórmulas y su empleo.- Trazado de las conducciones: pendiente; velocidad.	222
Construcción: formas y materiales empleados en las obras.	234
Conducción forzada: tubos y materiales empleados.-Obras accesorias en la conducción libre y forzada: almenaras; aliviaderos; cabezas de sifón; ventosas; sifones.	241
Elevación de aguas: generalidades.- Bombas, Motores: sus condiciones y elección en cada caso.- Instalación de los grupos y elección en cada caso.- Insta-	

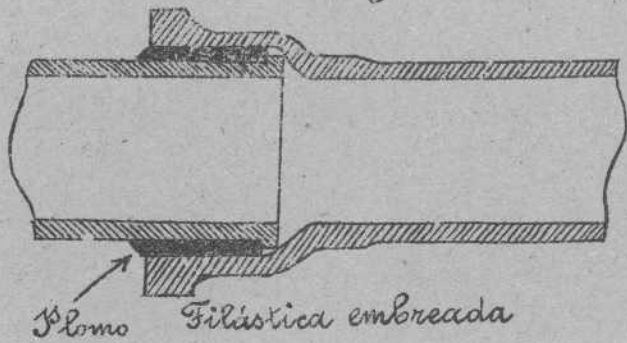
lación de los grupos y su cálculo.-Ariete hidráulico: fórmulas para el cálculo.	270
PURIFICACIÓN ARTIFICIAL DE LAS AGUAS. -Generalidades.-Filtros de arena: sus efectos, construcción y explotación.	291
Filtro Puech - Chatal; filtro Anderson; filtros americanos,	311
Ozonificación del agua.- Aparatos ozonificadores; rayos ultravioletados.- Procedimientos químicos de esterilización; algibes de sedimentación; purificación casera.	320
DEPÓSITOS REGULADORES. - Su ubicación, cabida, forma, construcción y obras accesorias.	334
DISTRIBUCIÓN DE AGUA. - Sistemas diversos; trazado y cálculo de las cañerías.	360
Asiento de las cañerías; materiales empleados y prueba de los tubos.	378
Empalmes de los tubos.- Aparatos accesorios: llaves, ventosas, bocas de riego.- Fuentes públicas.	385
Distribución de agua en las edificaciones.	402
SISTEMAS DE SUMINISTRO DEL AGUA. A caño libre; mediante llaves de aforo; por contadores.-Diversos tipos de contadores: de volumen; de disco y de turbina.	410

ALCANTARILLADO.- Procedencia de las aguas sucias: su cantidad.- Aguas escorrentías; caudal correspondiente.	436
Cálculo de las secciones circular y oval.	456
Formas de las secciones que se adoptan.-Aliviaderos de crecida.	463
Otros sistemas de evacuación: estáticos y dinámicos.	476
Trazado de los alcantarillados: estudio de conjunto: materiales empleados.- Sistemas separado y doble,-Sistema de "tout a l'égout"	494
Anteproyecto de un alcantarillado: su descripción.	517
Confluencia de alcantarillas: pozos de registro.- Sumideros.	527
Sistemas de limpia de las alcantarillas.	547
Construcción del alcantarillado: replanteo; profundidad; tubos y galerías; acometidas.	554
Canalización en los edificios.	573
Ventilación de las alcantarillas; limpia y conservación de las mismas.	580
DEPURACIÓN DE AGUAS NEGRAS.- Diversos procedimientos.	594
RIOS.- Generalidades.	627
Previsión de las riadas, defensa de márgenes.	638
Encauzamientos.	648
Construcción de diques.	657

CANALES DE RIEGO.- Generalidades, trazado, pendiente, etc.	661
Disposición general de los boca- les; azudes; regulador; almena- ras, etc.	675
Obras de arte en los canales.	687
PANTANOS.- Generalidades.	699
APÉNDICE.- Ejercicios propuestos durante el curso.	709
BIBLIOGRAFÍA.	729

-:XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX-

Enchufe y cordón



Bridas



Piezas especiales

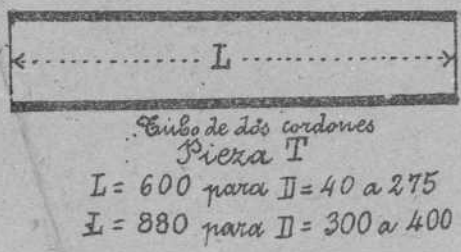
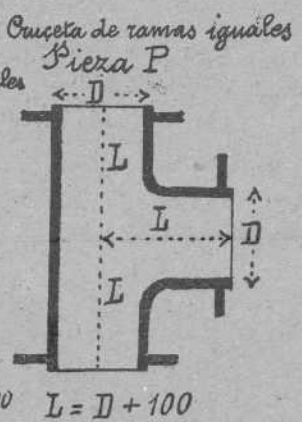
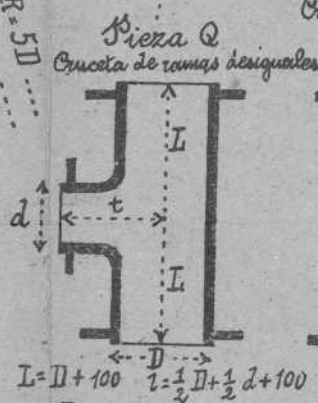
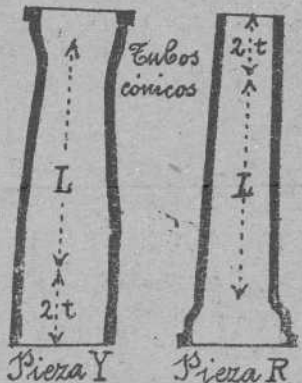
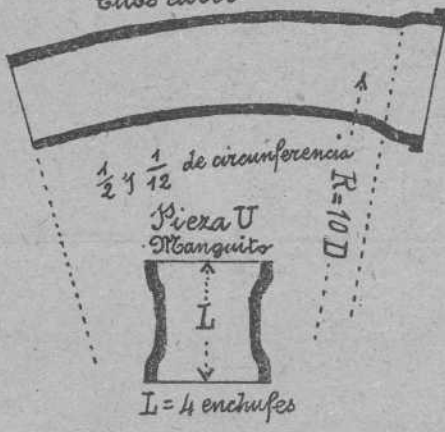
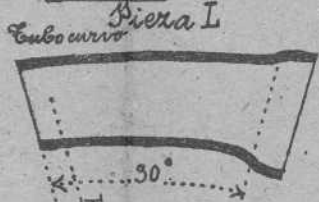
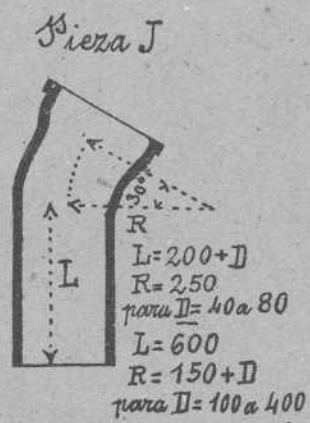
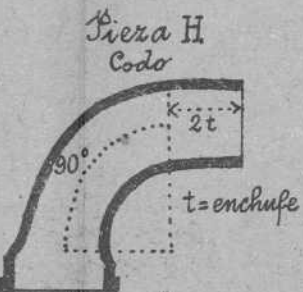
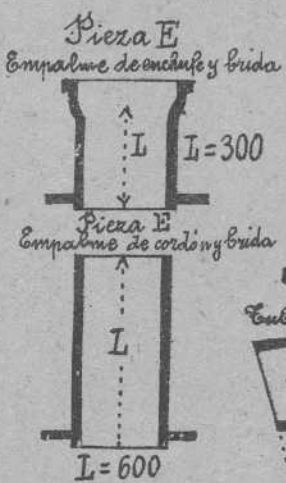
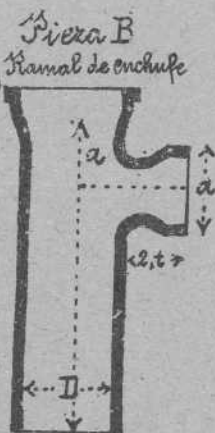
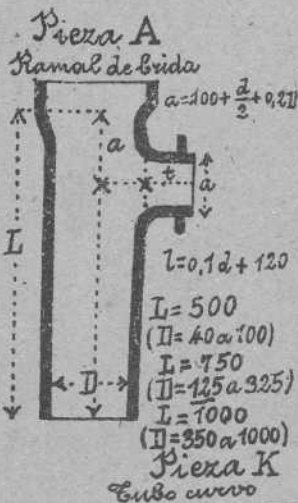
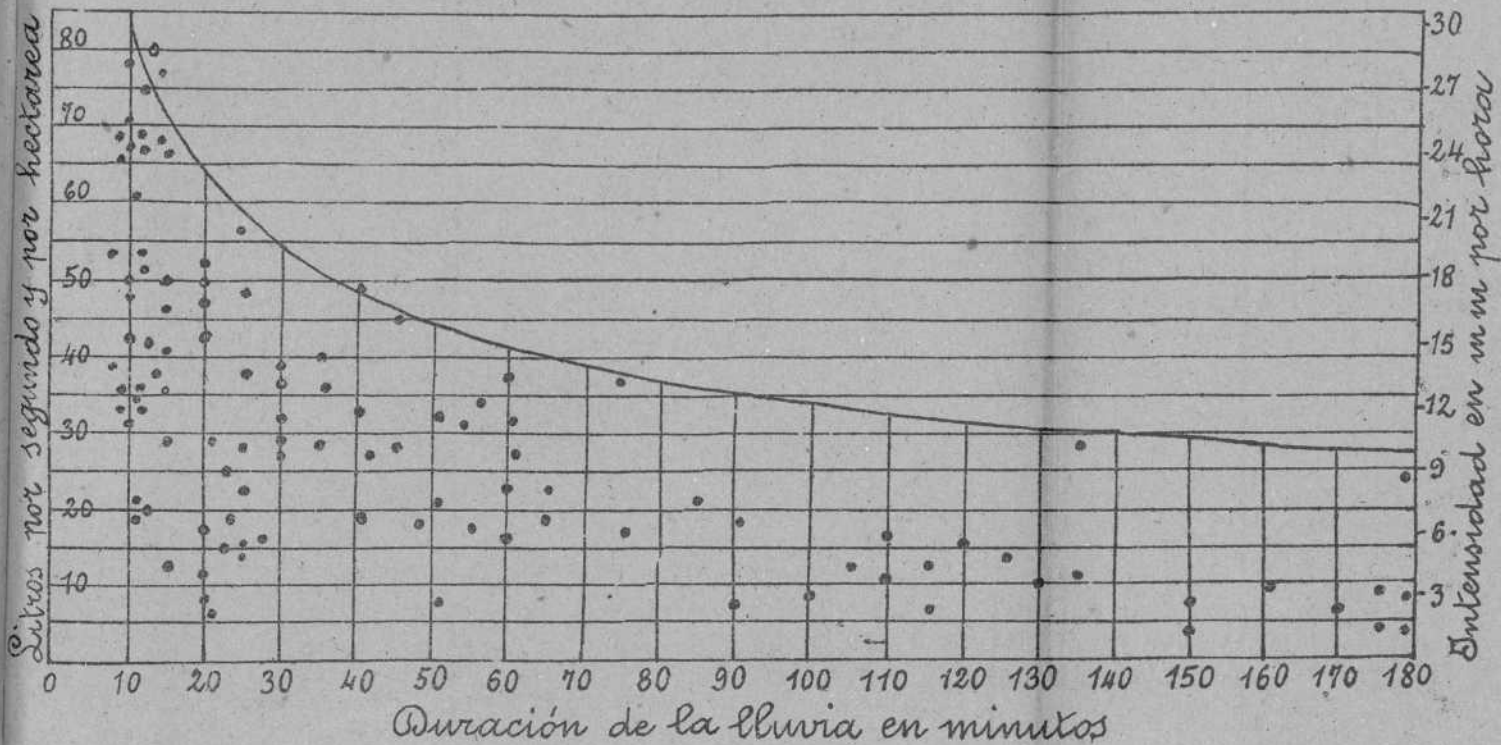
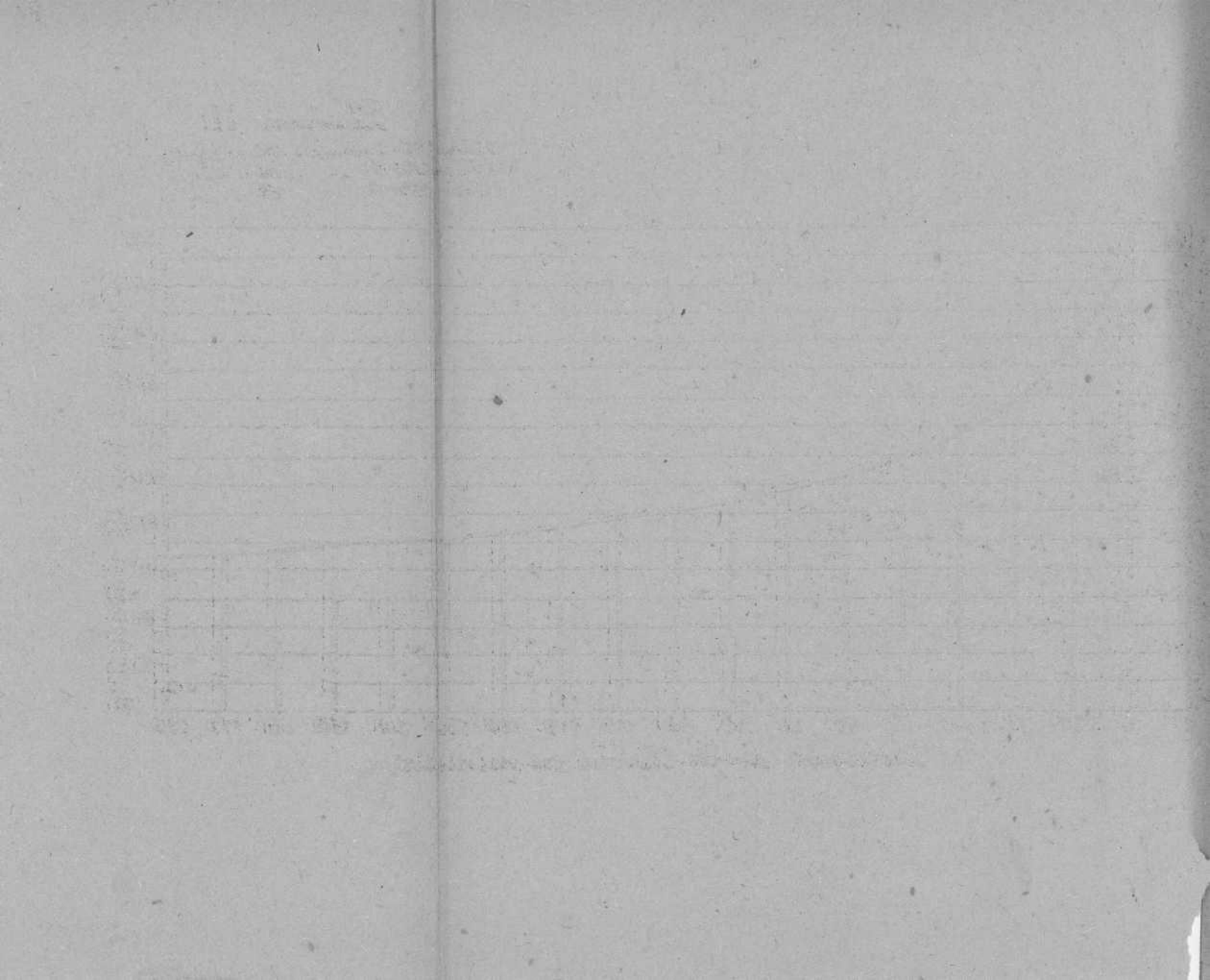
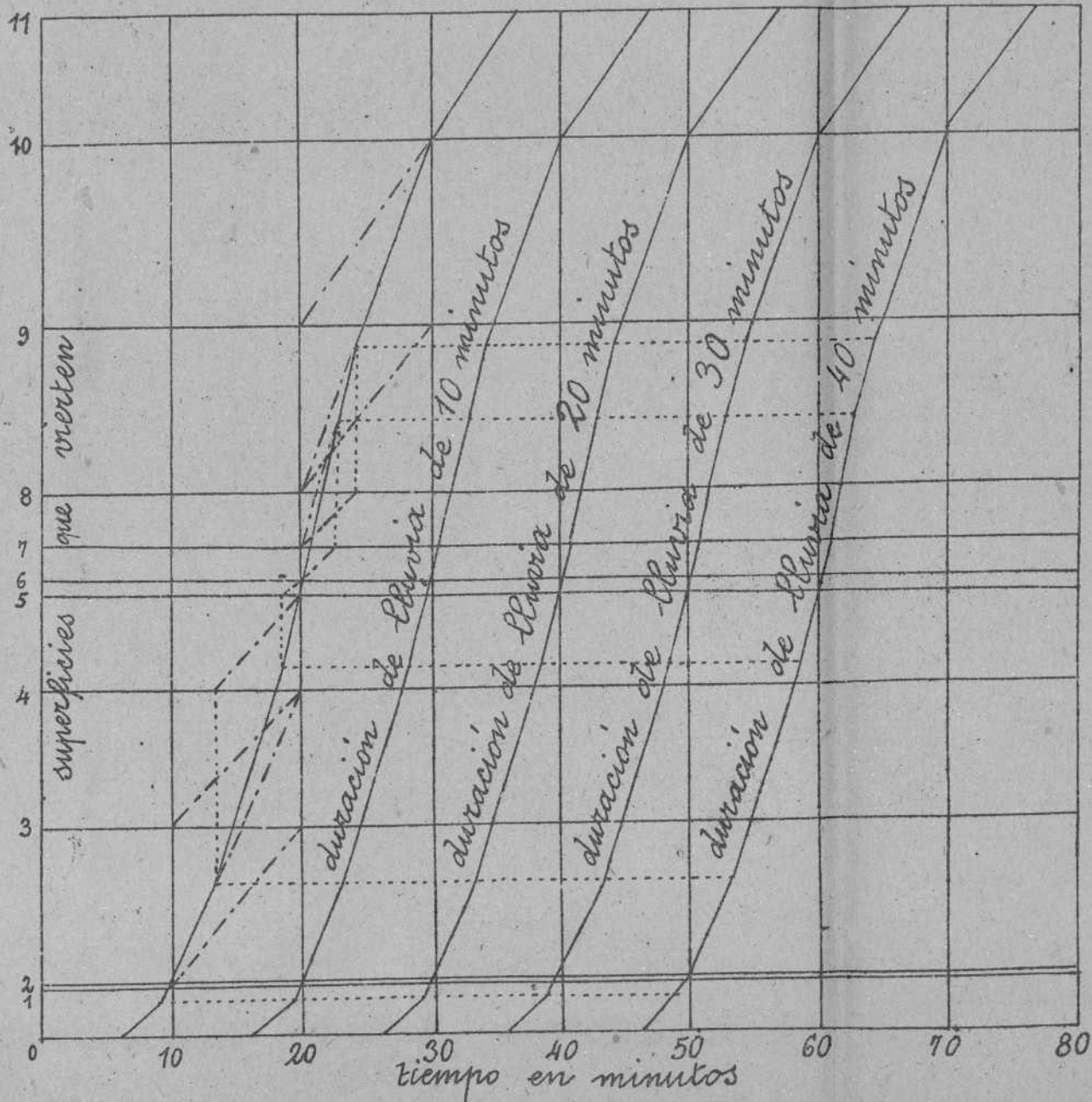


Lámina II

17 Julio 1911 - 3 minutos - 344 l: seg: ha
 26 Febrero 1913 - 1 " 500 " " "
 1 Julio 1914 - 10 " 167 " " "

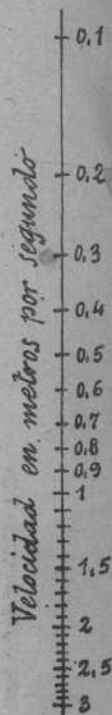
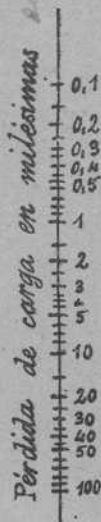
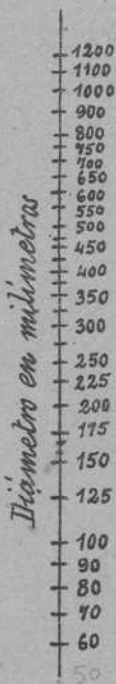
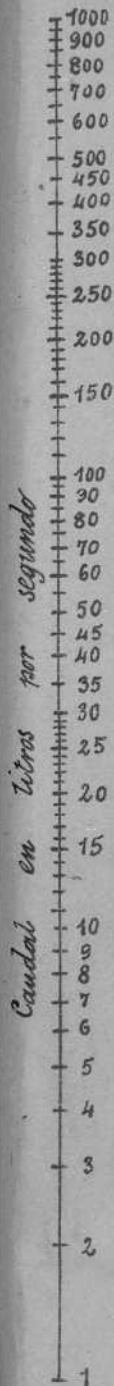




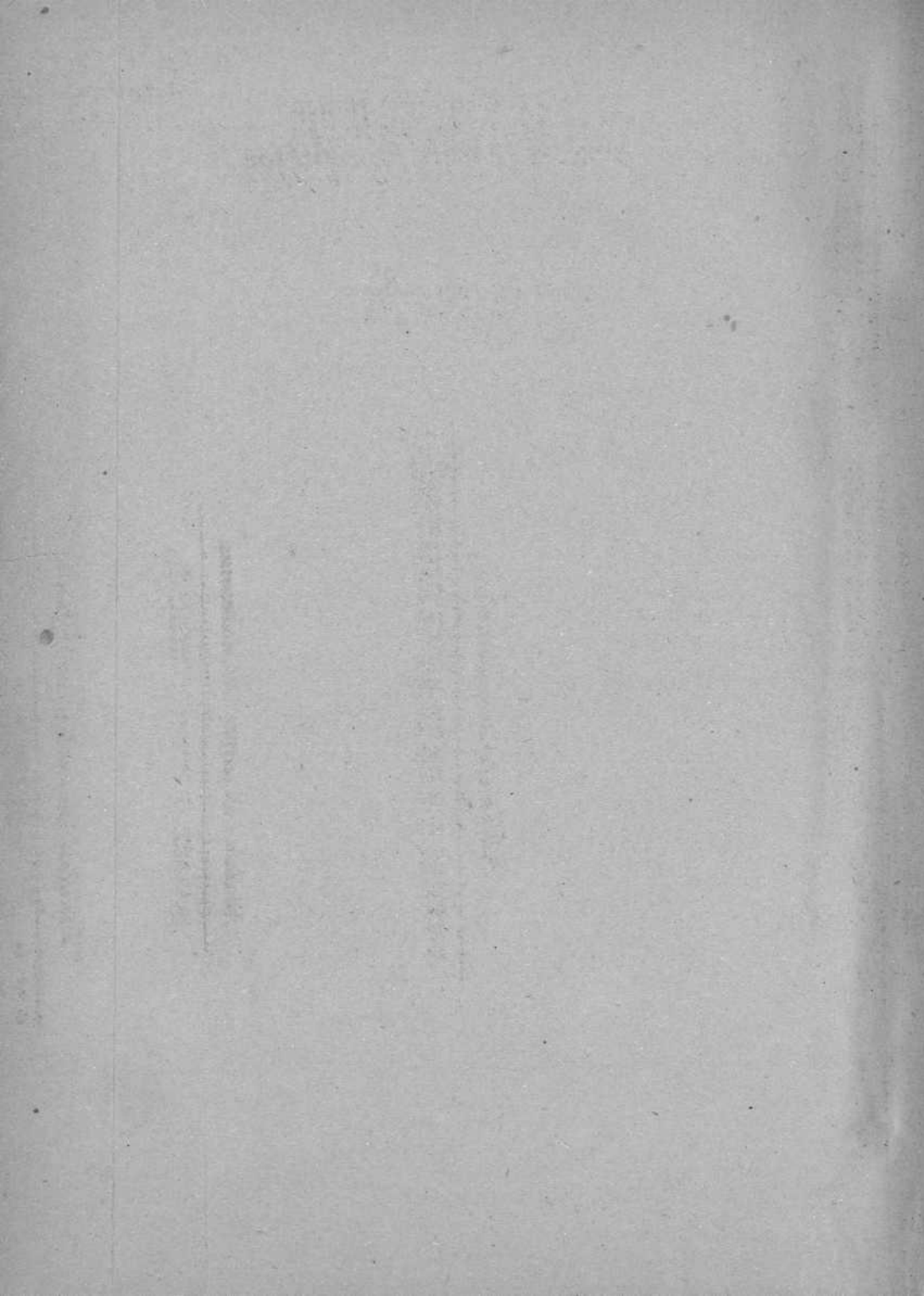


Abaco de A. Sonier
para el cálculo de cañerías

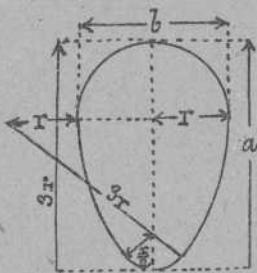
$$i = 0,00214 \frac{Q^2}{d^{5,3}}$$



Abaco análogo en la
otra construcción, verbanos y riales,
se ve en pag. 348



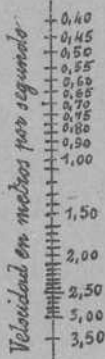
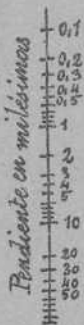
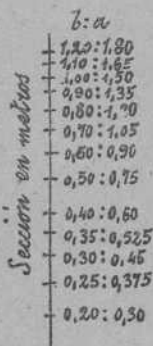
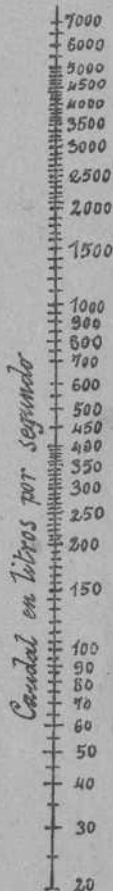
Abaco de A. Sonier
para el cálculo de alcantarillas
de forma oval

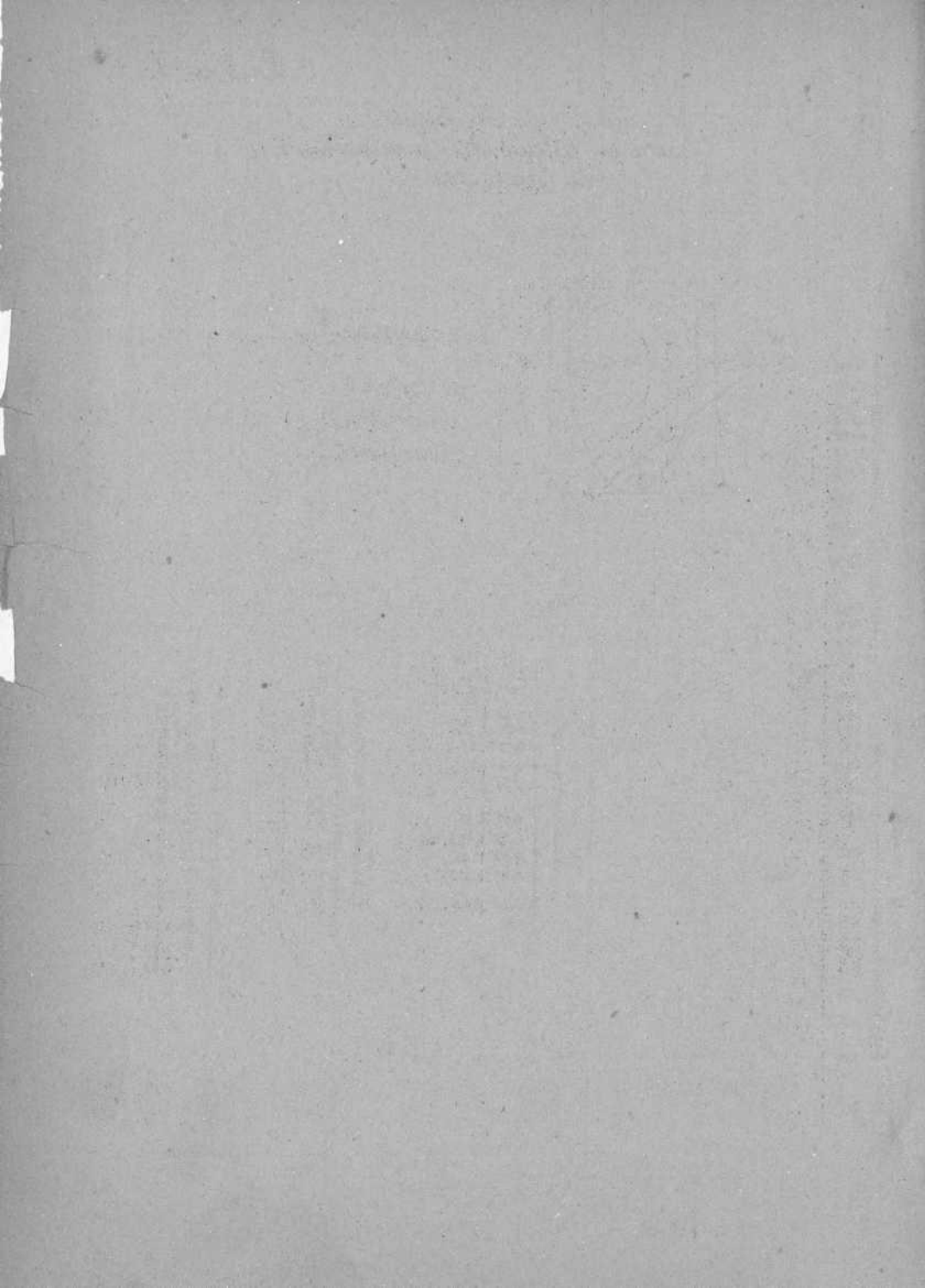


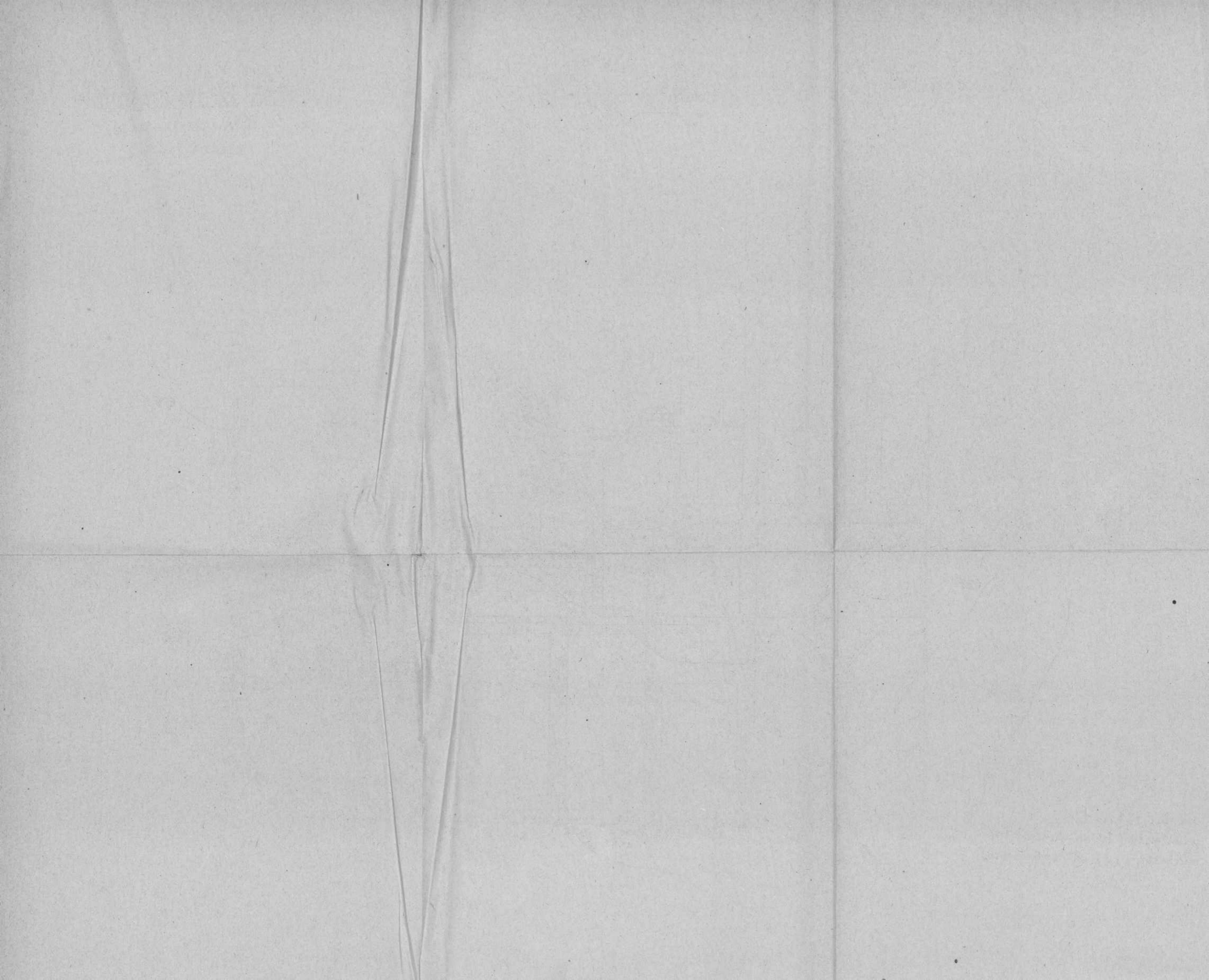
$$i = 0,00001554 \frac{Q^2}{r^{3,5}}$$

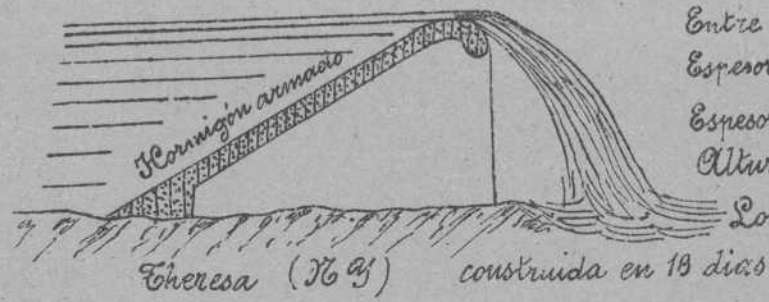
$$4,59419r^2 v = Q$$

(en metros)
(boca llena)

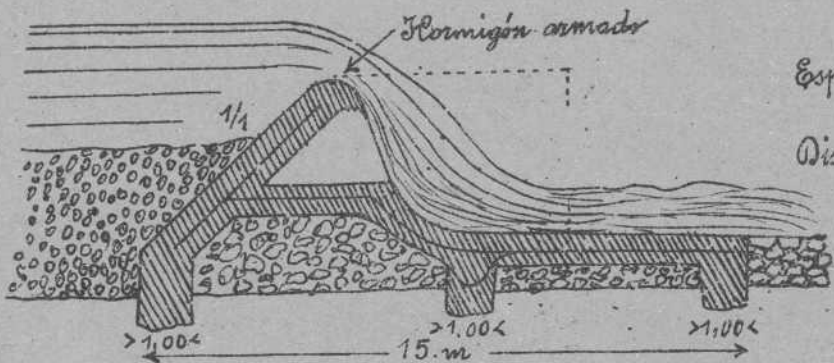






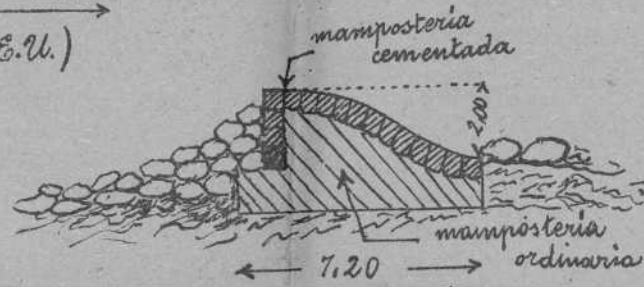


Entre tabiques 1,80 m.
 Espesor de los tabiques 0,30 "
 Espesor de la pantalla 0,15 "
 Altura 3,30 "
 Longitud 36, "

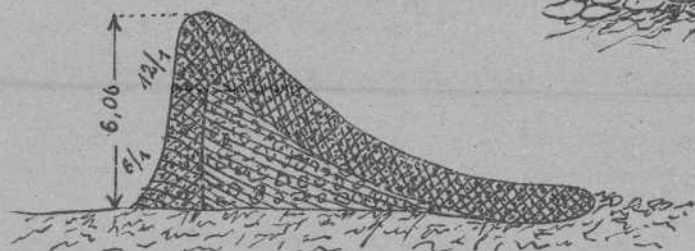


Espesor 0,60 (zanpeado)
 " 0,75 (pantalla)
 Distancia 3,60 (entre tabiques)

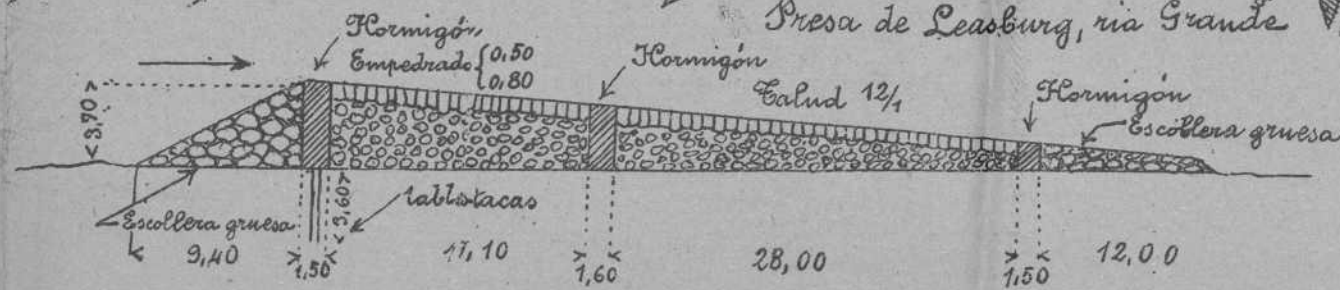
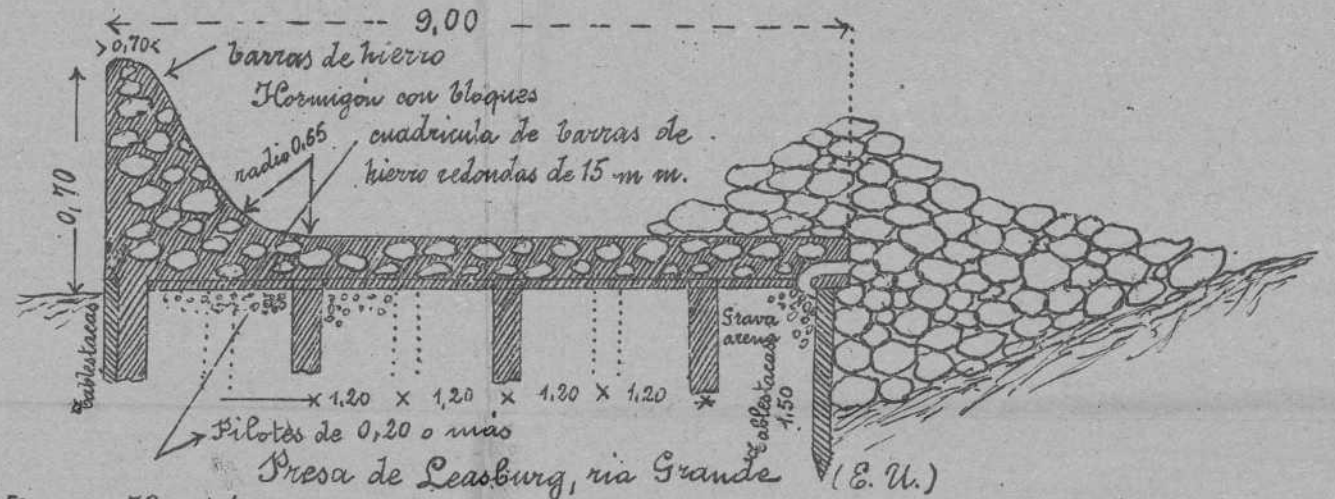
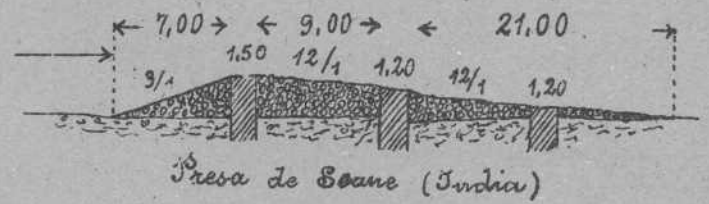
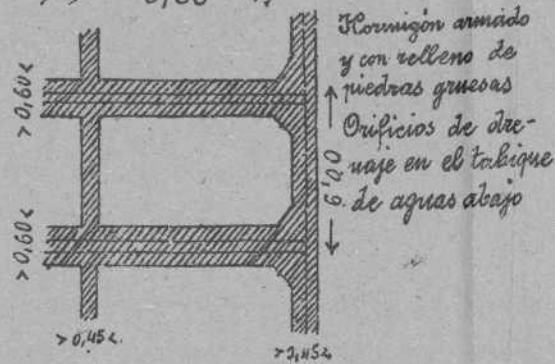
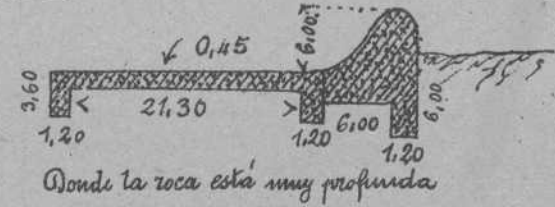
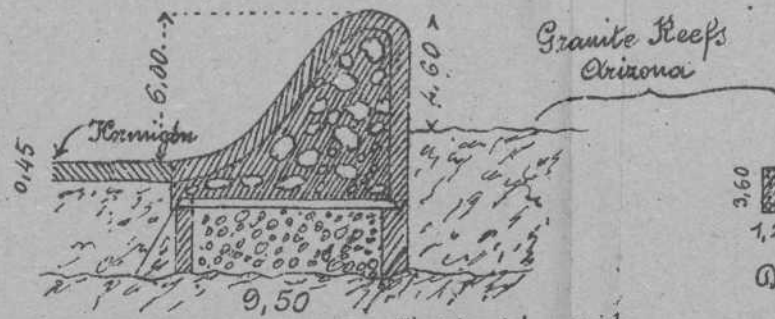
Presas de Corbett (Wyoming E.U.)



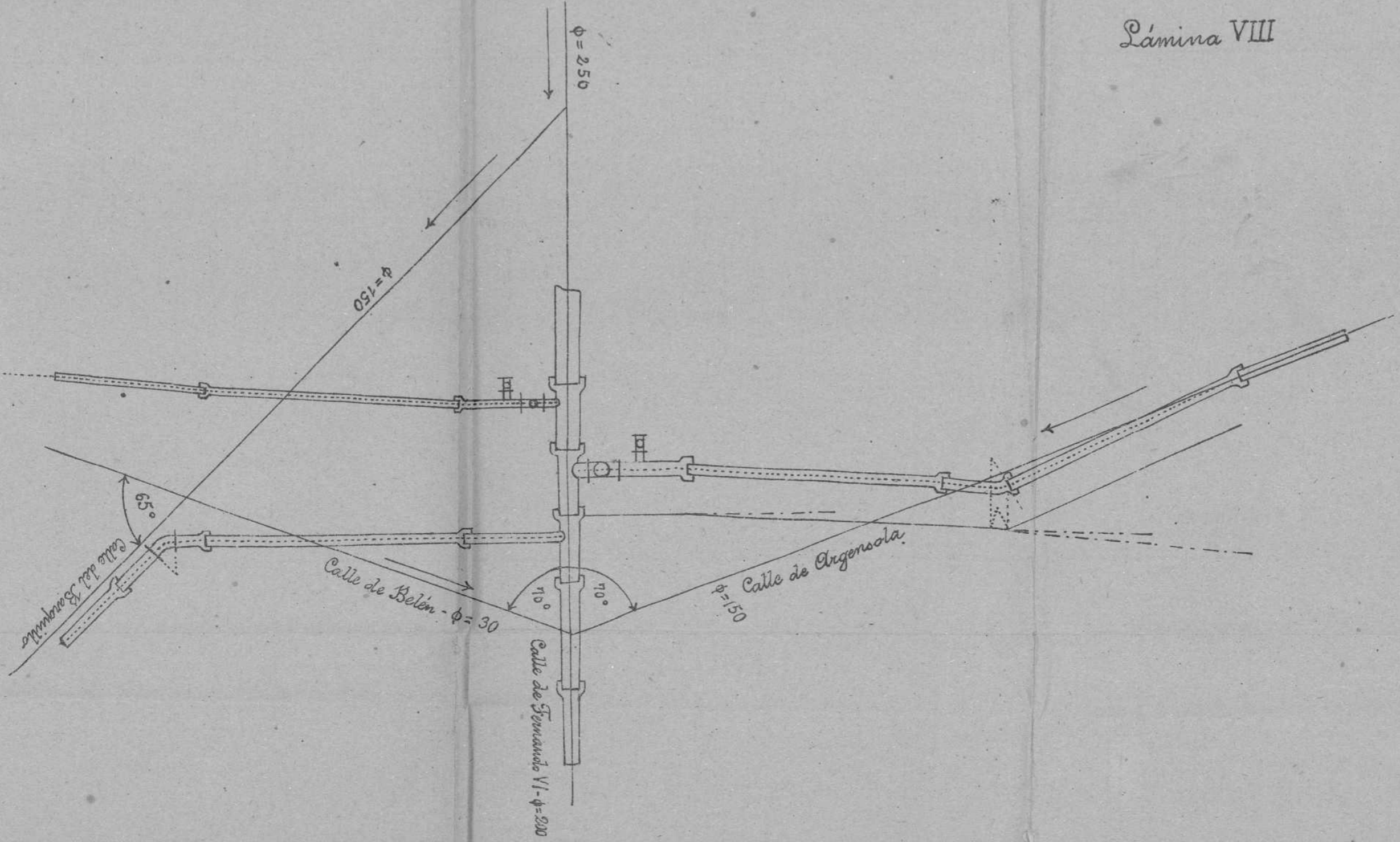
Canal del Forex (Francia)



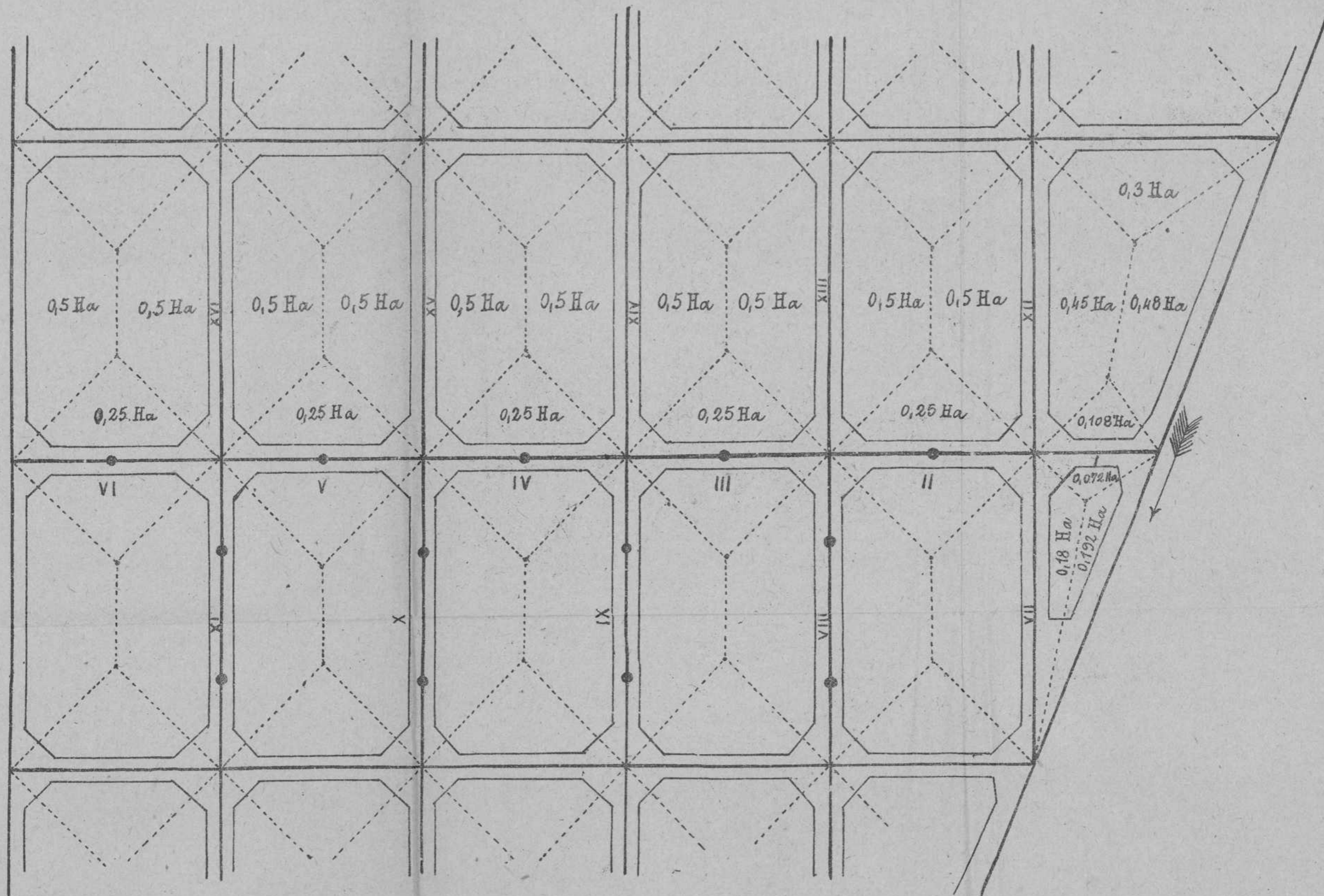
Presas del canal de Senares

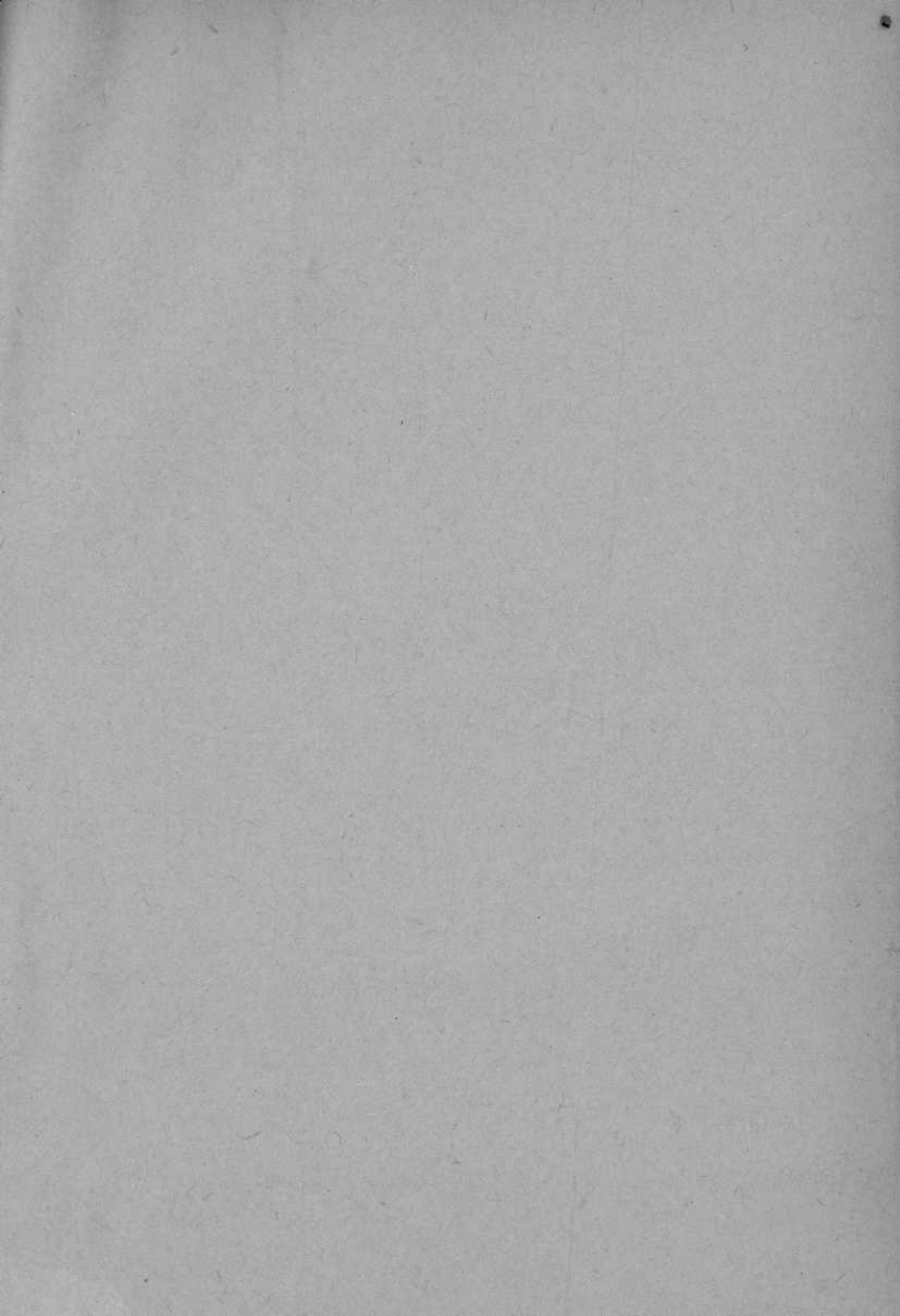


Presas de Laguna (E.U.) río Colorado













A. Sonier

INGENIERÍA

SANITARIA



SS-D
206