

que el relleno del hormigón llega á dicha altura, y colocar el alza metálica. Estos trabajos son muy sencillos; una vez terminados, se halla el molde en disposición de ser remolcado.

He aquí un resumen del tiempo necesario para dejar terminados todos los trabajos correspondientes á este segundo periodo:

	HORAS.
1.º Botadora del cajón.....	1
2.º Relleno de 200 m³ de hormigón.....	8,10
3.º Separación de la armadura inferior.....	3
4.º Colocación y atornillamiento del alza metálica.....	3
TOTAL.....	15,10

Como ya se ha visto, efectivamente, este es el tiempo que se ha venido á tardar en los últimos monolitos.

El Ingeniero-Director,
JOSÉ MARIA FÜSTER.

CANAL DE ISABEL II (1)

(Continuación.)

Canal de unión del embalse de Puentes Viejas con el canal transversal.—Construido el canal transversal y habiéndose establecido la toma de aguas de este canal en la presa de Villar, á 15 metros sobre el fondo del río, para hacer llegar el agua al canal transversal cuando el embalse del Villar esté vacío, se pensó en construir un canal de derivación que, partiendo de la toma del canal transversal, fuera por la margen izquierda, hasta llegar al thalweg del mismo y construir en ese punto una sencilla presa de derivación.

Esta parecía la solución más sencilla y más lógica para no interrumpir el servicio del agua por el canal transversal en todo tiempo, pero teniendo en cuenta que en el lecho del río se acumulan los fangos que el agua embalsada deja por sedimentación, y que las aguas que por este canal se condujeran pudieran estar inficionadas por esos fangos, por indicación nuestra, en una época en la que el embalse del Villar estaba vacío, el Dr. Chicote, Director del Laboratorio municipal, tomó aguas de las que corrían por el lecho del río, y del resultado del análisis dedujo que las aguas estaban, en efecto, inficionadas por los fangos. Por esta razón, hubo que desistir de proyectar este canal y pensar en construir uno que, partiendo de la toma inferior del embalse de Puentes Viejas, situado á más de 15 metros sobre el fondo del río, vierta directamente en el canal transversal; así conseguiremos que el agua que se consume en Madrid no arrastre los fangos de la sedimentación de los embalses.

El Ingeniero encargado de ese servicio ha proyectado un canal descubierto, fundado en que el canal se desarrolla todo él próximo al embalse del Villar, y como además, adquiridos los terrenos que exige la zona de defensa de los embalses, se puede evitar toda circulación por esa parte, no hay necesidad, en realidad, de que esta sección del canal sea cubierta. Su presupuesto es de 884.000 pesetas, y para que fuera cubierta, sería preciso elevar el presupuesto hasta 1.284.000.

La diferencia de gasto no es de tal consideración que el canal no pueda atender á ella, pero sólo encontraríamos justificado que este canal se construyera también cubierto, por estarlo así todo el que existe desde Madrid á la presa del Villar, en sus 76 kilómetros.

La construcción de este canal tiene la ventaja que cuando se haga uso de él, como el desnivel que quedará á su terminación

con el canal transversal será de unos 30 metros, podrá utilizarse en desarrollar una fuerza hidroeléctrica de importancia, que representa un valor que ha de venir á compensar en gran parte la cantidad que se invierta en su construcción.

Obras de reparación necesarias en el canal actual para asegurar una mayor capacidad de conducción.—En todas las Memorias de nuestro antecesor se expresa que el canal actual tiene una capacidad de conducción de 3.800 litros por segundo, y, hechos los cálculos, hemos comprobado que antes de ponerse en carga puede conducir hasta 4.000.

Esto no nos garantiza la seguridad de que el canal pueda en realidad conducir este caudal; para poderlo afirmar es preciso realizar un escrupuloso reconocimiento del mismo.

Terminadas las obras del canal transversal y segregados del servicio 24 kilómetros entre el Pontón de la Oliva y el empalme con el canal transversal, se ha hecho pasar por él, como hemos dicho ya, un caudal de 3.000 litros por segundo, habiendo alcanzado una altura en la sección general de 1,65 que es la altura en la que el canal está revestido, sin que se notara nada anormal, ni siquiera aumento sensible en las filtraciones.

Por lo tanto, tenemos el dato práctico de que, sin dificultad, puede el actual canal conducir hasta 3.000 litros, ó sea una mitad más del caudal que hoy consume Madrid. Además, aunque el trabajo es muy difícil estando el canal en servicio, se ha dado comienzo al estudio para conocer con detalle el estado de las fábricas, de las rasantes y secciones que el canal tiene hoy en todos los puntos y poder determinar las obras que deben realizarse, para llegar á darle la capacidad de conducción mayor posible, á fin de que sirva este dato como norma, para deducir cuándo podrá llegar á ser necesaria la construcción del canal paralelo entre Madrid y el origen del canal transversal.

Entonces el problema quedará reducido á construir un acueducto, en una longitud de 53 kilómetros, capaz para conducir la parte de caudal que el canal actual no puede llevar.

El presupuesto de esta obra será de unos 10 á 12 millones de pesetas, pues los adelantos realizados con el empleo del cemento armado en las construcciones hidráulicas, permite someterlos á presiones, y aunque éstas sólo alcancen de 8 á 10 metros, permitirán adaptarse mejor y más económicamente á los accidentes del terreno, en forma que podrán hacerse desaparecer casi todas las obras de fábrica.

El siguiente cuadro pone de manifiesto las cantidades gastadas en obras en esta primera sección desde la nueva organización de los servicios del canal.

	CANTIDADES gastadas. — Pesetas.	CANTIDADES que faltan invertir. — Pesetas.	TOTALES — Pesetas.
Obras de nuevo embalse....	»	3.597.958,49	3.597.958,49
Nuevo em- (Canal entre Puen- balse....) tes Viejas y el Villar.....	»	1.284.000,00	1.284.000,00
Obras por contrata	6.086.940,60	115.318,77	6.202.259,48
Canal trans- (Camino de servi- versal....) cio. Casillas y teléfonos.....	4.548,59	165.451,41	170.000,00
Aprovechamiento del salto de agua.....	2.113.462,78	1.146.197,33	3.259.660,00
Reformas en el canal antiguo.	»	1.038.000,00	1.038.000,00
TOTALES	8.204.951,97	7.346.296,00	15.551.877,97

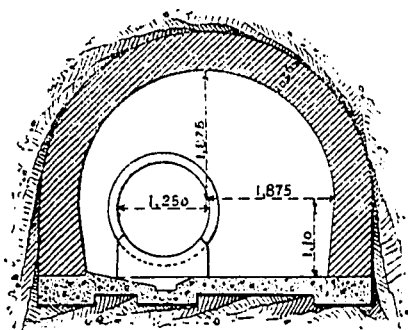
(1) Véase el número anterior.

Segunda sección.

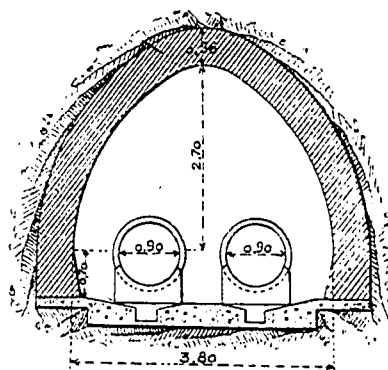
Comprende esta sección las obras del tercer depósito, galería de tubos, zanja de aspiración, depósitos elevados y central elevadora de agua.

Tercer depósito.—Suspendidas las obras del tercer depósito por la razón antes expuesta, y dadas las condiciones difíciles en que ha quedado, está pendiente de la resolución de la Superioridad el sistema de construcción definitiva que deba adoptarse

do á cada compartimiento 117.875; por lo tanto, construyendo sólo dos compartimientos, dispondremos de un volumen almacenado de 235.750 que, sumado á los 183.245 que almacena el depósito hoy en servicio, hacen un total de 418.995, capacidad que excede del doble del consumo actual en 77.595 metros cúbicos, dato que demuestra que, por hoy, no debe pensarse en ejecutar más que las obras necesarias para dejar en condiciones de prestar servicio dos de los cuatro compartimientos del tercer depósito proyectado, lo que producirá una reducción en el pre-



Sección entre el 3.º y 2.º depósito.



Sección entre el 2.º depósito, hasta el empalme con la tubería de 0,85 en la calle de Bravo Murillo.

Fig. 79.—Zona baja. Arterias de distribución.

para habilitar dos de los cuatro compartimientos que comprende la obra total.

Ya hemos dicho antes que la construcción del tercer depósito tuvo por objeto evitar las turbias, contando para ello con un caudal almacenado que pudiera atender á las necesidades del servicio por espacio de un mes. Dado el consumo de agua que hoy existe, esta obra no resolvería el problema planteado, y evitadas casi en su totalidad las turbias con la construcción del canal transversal, el tercer depósito resulta innecesario para el fin que se perseguía.

supuesto de 2.100.000 pesetas que pueden y deben dedicarse á obras de más utilidad de las muchas que aun necesita llevar á cabo el Canal de Isabel II.

Galería de tubos.—Esta obra comprende una galería de tubos para unir el tercer depósito con las arterias que arrancan del depósito núm. 2 y la colocación dentro de ella de una tubería de 1.250 milímetros de diámetro interior; la galería está ya construida, colocada también la tubería y hecho el enlace con cada uno de los cuatro compartimientos del tercer depósito (grabado núm. 79).

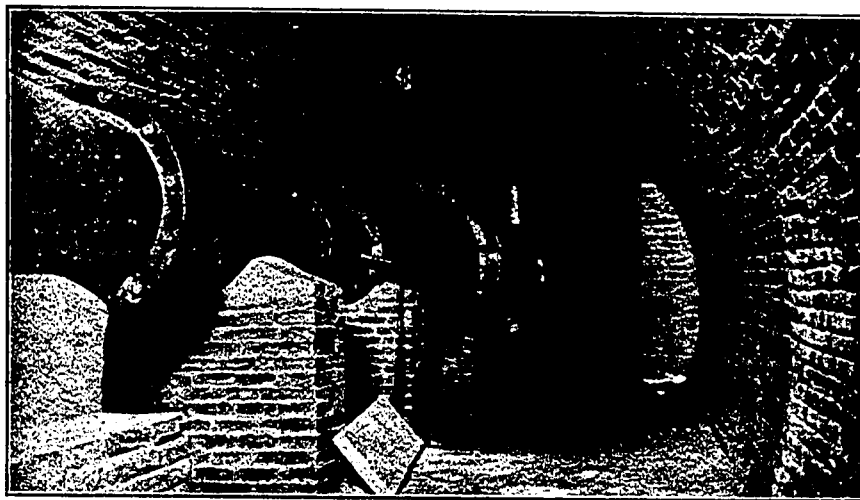


Fig. 80.—Contador Venturi.

Ahora bien; en todo servicio de distribución de aguas debe existir un depósito regulador, y la capacidad de éste se considera suficiente cuando almacena un volumen doble del caudal que se consume en veinticuatro horas. El caudal que hoy se gasta en Madrid puede suponerse de unos 2.000 litros por segundo, que representa al día un volumen de agua de 172.800 metros cúbicos; como el depósito hoy en servicio almacena 183.245, resulta que la capacidad que debiera tener el tercer depósito sería de 162.365.

La capacidad calculada para esta obra fué de 471.500 metros cúbicos divididos en cuatro compartimientos, correspondien-

Teniendo en cuenta que la sección del acueducto de villa que alimenta al segundo depósito, no permite el paso más que de unos 1.500 litros por segundo, y estando ya construido otro segundo acueducto que arranca del partidor para alimentar el tercer depósito, se ha unido este segundo acueducto con la arteria de 1.250 milímetros de diámetro, y puesto ya en servicio, y así ha quedado garantizado el consumo de Madrid.

La arteria de 1.250 milímetros, al llegar frente al segundo depósito, se divide en dos tubos de 900 milímetros de diámetro cada uno, y en éstos enlazan las tomas de este depósito; de este modo, el día que esté construido el tercer depósito, la zona lla-

mada baja de Madrid quedará surtida indistintamente por ambos depósitos.

Se han colocado, además, en esta nueva galería, dos contadores Venturi (grabados números 80 y 81), uno en cada uno de

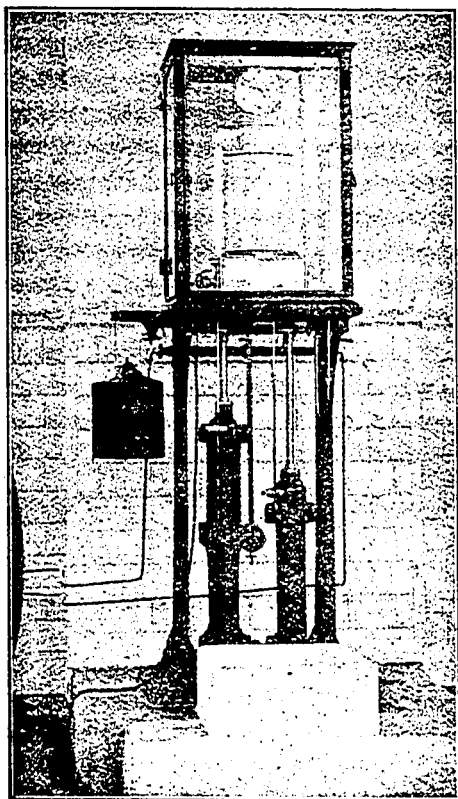


Fig. 81.—Contador Venturi.

los tubos de 900 milímetros, y así podemos conocer con todo detalle el caudal de agua que se consuma en la zona baja.

Zanja de aspiración.—La zanja de aspiración está próxima al segundo depósito (grabado núm. 82)); puede alimentarse indistintamente por uno u otro de sus compartimientos, y sirve para alimentar á su vez las bombas que elevan el agua para el surtidor de la zona alta. También esta obra está terminada y en servicio.



Fig. 82.—Zanja de aspiración.

La Central de máquinas está en contacto con la zanja de aspiración y el depósito elevado á 65 metros de esta Central, haciéndose la unión de estos dos elementos por medio de una tubería de 900 milímetros de diámetro interior que conduce el agua desde la Central elevadora al depósito elevado.

La disposición de estas obras se ve en los grabados números 84 al 91.

El vaso que almacena el agua elevada por las máquinas y que está en la parte alta del depósito elevado, tiene una capacidad de 1.500 metros cúbicos y del fondo de él sale un tubo de 900 milímetros que va á parar á un tubo colector de 1,20 milímetros de diámetro (grabado núm. 83). A este tubo colector irán á parar los tubos que conduzcan el agua de los tres depósitos elevados el día que estén construídos. Este tubo colector está además dispuesto para que arranque de él la arteria que alimenta todo el barrio de Salamanca y Chamberí y que vuelve otra vez al colector cerrando el circuito; además de estas dos tomas hay una tercera que conducirá las aguas elevadas al barrio del Lozoya y otra cuarta que conducirá el agua elevada á los Cuatro Caminos.

Estas obras constituyen el complemento del servicio de abastecimiento de aguas de todo el término municipal de Madrid, con la presión necesaria para una cómoda distribución.

Necesidad de los depósitos elevados.—Habiéndose constituido el Canal de Isabel II para surtir con aguas derivadas del río Lozoya todo el término municipal de Madrid, conforme la población ha ido extendiéndose, el Canal ha ido ampliando su red de distribución, dando el servicio de agua en toda la zona de ensanche desde que empezaron á construirse las primeras casas del barrio de Salamanca en el año 1860.

Dados los desniveles que existen en Madrid, en algunos pisos altos de las casas no tenía el agua presión suficiente para llegar á ellos; por eso, el año 1898, el Ingeniero Sr. Montalvo, afecto á los servicios del Canal, procedió á estudiar el proyecto de abastecimiento de la zona de ensanche de Madrid. Ultimado este hermoso trabajo y remitido á la Superioridad fué aprobado en 30 de Julio de 1900, y desde esa fecha se han ido ejecutando todas las obras en él comprendidas, sometiendo siempre á la aproba-

Depósitos elevados y central de máquinas elevadoras.—El número de depósitos elevados propuestos en el proyecto de abastecimiento de la zona de ensanche de Madrid, redactado por D. Diego Martín y Montalvo, es de tres, pero por ahora sólo se ha construído uno que está ya terminado y en servicio; existe, además, una Central de máquinas elevadoras de agua compuesta de grupos electro-bombas.

ción superior los proyectos y presupuestos parciales de cada obra. Así se ha conseguido distribuir el agua con la necesaria presión en todo el término municipal de Madrid.

Para obtener este resultado ha tenido necesidad de hacer gastos de gran consideración, pero ha logrado que las edificaciones no se hayan interrumpido por falta de agua en ninguna zona del término municipal desde hace más de cincuenta años, y al hacer

estos sacrificios ha cumplido con la misión que le fué confiada; puesto que el Canal de Isabel II fué instituido en provecho exclusivo de los vecinos de Madrid, y por eso á la mejora exclusiva de estos servicios dedica todos sus ingresos.

En el reciente y bien estudiado trabajo publicado por el Ingeniero Director de los servicios municipales de vías públicas, fontanería y alcantarillas de esta Corte, el Sr. Núñez Granés, relativo á la urbanización del extrarradio, se hace constar que el incremento habido en la riqueza pública por concepto de la edificación en el ensanche de Madrid, precisamente desde la fecha en la que el Canal de Isabel II empezó á prestar sus servicios, excede de *seiscientos millones de pesetas*; por lo tanto, no puede negarse que sin el servicio prestado por el Canal de Isabel II en toda esa zona de ensanche, surtiéndola con agua procedente del río Lozoya, no se hubiera llegado á ese desarrollo. Al Canal se debe que Madrid se haya ensanchado y que existan tan hermosas barriadas, y especialmente las de la zona alta.

entre la cota 670 y 690; con azul fuerte, la comprendida entre la cota 690 y 705; con aguada carmín claro, la comprendida entre la cota 705 y 720; con carmín fuerte, la comprendida entre 720 y 740, y con aguada amarilla, la zona que está por encima de la cota 740.

Las aguas en los antiguos depósitos alcanzan una cota que, referida al nivel del mar, es de 690,50 metros; hay puntos en el ensanche de Madrid cuyas cotas se elevan hasta 710 y aun 715 metros, y si la población se extendiera en dirección á Chamartín, como parece desprenderse de las edificaciones que se están llevando á cabo en las inmediaciones de la línea de tranvía recientemente establecida del Hipódromo á Chamartín y por la carretera de Madrid á Irún, habrá edificios situados á la cota de 720 metros y aun mayores.

Para establecer un servicio que responda á las necesidades de un buen abastecimiento, sin depósitos elevados, sería indispensable que los nuevos depósitos de distribución que se construyeran

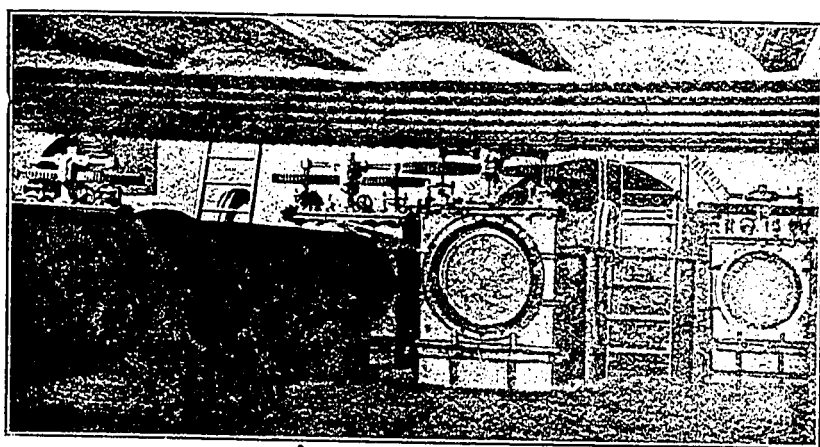


Fig. 83.—Origen de las arterias de la zona alta.—Tubo colector de 1,20 metros.

Esto de la distribución en la zona elevada de la capital ha sido uno de los puntos más discutidos, criticando la forma en que se ha llevado á cabo.

Hay quien ha opinado que el canal transversal, tal cual se ha construido, es una equivocación, y que en vez de utilizar el salto de agua, desde el acueducto superior debían haberse conducido las aguas á presión forzada para llegar á las inmediaciones de Madrid con la cota suficiente para que rodadas llegaran á todas partes, prescindiendo así de los depósitos elevados.

Persona mucho más competente y más conocedora que nosotros de lo que es el servicio de abastecimiento de aguas de Madrid, nuestro inolvidable compañero D. Diego Martín y Montalvo, que tan brillantes servicios prestó al Canal de Isabel II con el estudio del hermoso proyecto del servicio de distribución de aguas en el ensanche de Madrid, aprobado por la Superioridad, considera que la única solución práctica es establecer los depósitos elevados para esta zona de ensanche, aun partiendo, como él partía para este objeto, de la necesidad de emplear máquinas de vapor. Si en estas condiciones la solución era emplear depósitos elevados, ¿cuál será la solución cuando el canal disponga de energía eléctrica propia obtenida en el desarrollo del trazado de su canal?

Este dato debía ser suficiente para no discutir más este punto, pero consideramos que las circunstancias nos obligan á insistir sobre él.

Para más fácil comprensión de cuanto vamos á exponer, en el plano que acompañamos á la Memoria hemos señalado por aguadas las zonas de Madrid y sus alrededores. Sin aguada está toda la zona comprendida por debajo de la cota de 670 metros sobre el nivel del mar. Con aguada azul claro, la comprendida

para que el agua llegara rodada á todas partes con la presión necesaria, estuviesen colocados por encima de la cota 740.

El examen del plano acotado demuestra bien claramente que el terreno de los alrededores de Madrid tiene una cota inferior á la que hemos deducido, y que para establecer depósitos á la expresada cota, sería preciso situarlos hacia el kilómetro 16 de la carretera de Madrid á Colmenar, ó sea á unos 13 kilómetros del punto de donde arrancan las arterias de distribución.

Ahora bien, teniendo que alejarnos unos 13 kilómetros del punto de donde arrancan las arterias de distribución de la zona elevada, con objeto de llegar á este punto con la carga correspondiente á 740 metros, debemos tener en cuenta la pérdida de cargas que sufre el agua desde el punto donde debe situarse el nuevo depósito de distribución, y ésta, como veremos más adelante, es de 18,59 metros.

El nuevo depósito que se estableciera en el kilómetro 16 de la carretera de Madrid á Colmenar tendría, pues, que estar á la cota de 758,59.

De modo que tendríamos que conducir primero las aguas á este punto de cota 758,69, establecer en él un depósito regulador, y, por último, llevar estas aguas á las arterias de distribución hoy establecidas.

Para conducir las aguas á la cota 758,59, se pueden adoptar dos soluciones: una que consiste en conducir las aguas á presión forzada desde la zona superior del canal transversal, que está á la cota 871 á la 758,59 que hemos designado, y la otra construir un nuevo acueducto paralelo al actual, pero con altura suficiente para que las aguas vengán á parar á la cota 758,59 escogida.

Si examinamos la primera solución, tendremos entre la cota 871 y 758,59 un desnivel de 121,41 metros.

La distancia de conducción no resultaría menor de 46 kilómetros, de modo que podríamos disponer de una pérdida de carga de 0,00244. Como se trata de una conducción forzada que habría de estar sometida á cargas de importancia y ha de ir enterrada, no debe pensarse en emplear otro material que la tubería de fundición. Partamos del supuesto de que al dar comienzo á los trabajos sólo pensemos en conducir 500 litros por segundo. Con la pérdida de carga supuesta, necesitaríamos establecer un tubo de 800 milímetros de diámetro interior.

Un tubo de este diámetro, de fabricación ordinaria, pesa 400 kilogramos por metro lineal, y aunque en este caso, teniendo en cuenta las presiones á que pudiera estar expuesta la tubería, probablemente tendríamos necesidad de usar tubos reforzados y, por lo tanto, de mayor peso, sin embargo, supondremos que no se necesita tubería especial.

El precio de la tonelada de tubería de fundición ordinaria es, puesta en la estación de Madrid, de 265 pesetas; el precio del me-

dido además la fuerza representada por la diferencia de 150—81,41=68,59.

A este nuevo acueducto tendríamos que darle la sección necesaria para todo el caudal que puede llegarse á consumir en la zona alta, y su coste no sería menor de 9 á 10 millones de pesetas, empleando para su construcción el hormigón armado. Si á esto agregamos la construcción de la nueva casa de máquinas, etc., todo esto representaría un gasto que excedería de 10 á 12 millones de pesetas. Una vez conducida el agua á la cota 758,59 necesitaríamos establecer en él un depósito regulador cuyo coste no podríamos calcularlo en menos de dos millones de pesetas.

Construido este depósito y conducidas las aguas á él, sería preciso pensar en conducir estas aguas á presión forzada desde ese punto á Madrid.

Partiendo de la base de un consumo medio por ahora de 500 litros por segundo, la arteria que se colocara debería tener capacidad suficiente para conducir el caudal que se consuma en las

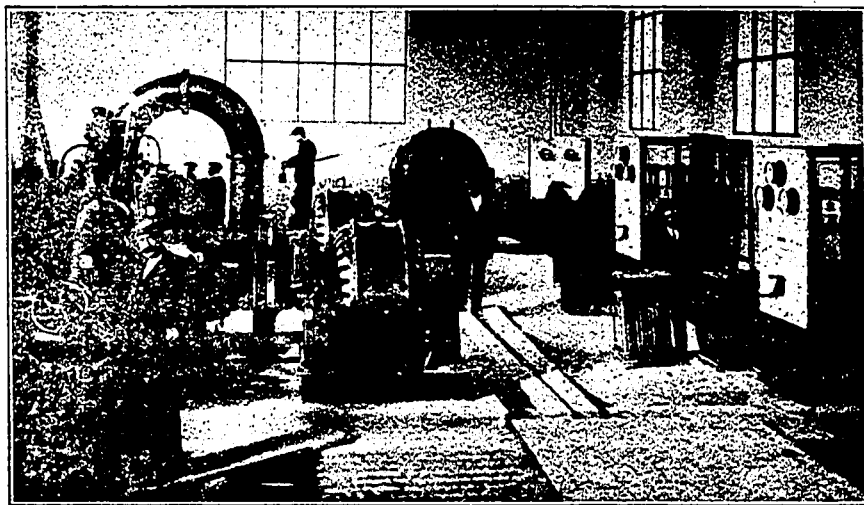


Fig. 84.—Central elevadora de agua.

tro lineal de tubería de 800 milímetros será de 106 pesetas, y teniendo en cuenta la distancia de transporte de los tubos, apertura de zanja, colocación del tubo, emplome, relleno de zanja, etc., y si además segregamos las obras de fábrica que sea preciso realizar, llaves, ventosas, etc., dado lo accidentado del terreno que tendríamos que atravesar, resultaría con seguridad un precio superior á 150 pesetas por metro lineal.

Como la distancia es de 46.000 metros, la instalación ascendería á 6.900.000 pesetas, y el día que necesitaríamos conducir 2.000 litros, cuatro veces más, y además perderíamos toda la fuerza que se desarrolla con ese caudal en el salto de agua construido. Solución inadmisible.

Si adoptamos la segunda solución de construir un nuevo acueducto, para conducir el agua á la cota de 758,59 metros, tendremos que construir este acueducto desde un punto situado en la tubería de bajada del salto de agua del canal transversal. Como el punto de la cota 758,59 está á unos 40 kilómetros de la unión del canal actual con el canal transversal, y de éste á la casa de máquinas hay más de cinco kilómetros, la longitud del nuevo acueducto sería por lo menos de 46 kilómetros, y tomando como desnivel perdido en la conducción el que pierde el canal actual, tendremos una pérdida de nivel de 31 metros, de modo que la cota á la que llegaríamos á la tubería de bajada del salto de agua sería de 789,59; como la cota del acueducto superior es de 871, nos quedaría un desnivel aprovechable de 81,41 metros, y para utilizarlo tendríamos que construir una segunda casa de máquinas con su correspondiente depósito de contrarregulación, lo que complicaría extraordinariamente la explotación, habiendo per-

horas de máximo consumo, y éste no puede suponerse menor del doble del consumo medio, ó sea 1.000 litros por segundo; esto nos obligaría á colocar una tubería con capacidad para conducir este caudal.

Las tablas de Darcy, con la pérdida de carga de 0,00143 para conducir 1.000 litros por segundo, dan para el tubo un diámetro de 1.200 milímetros.

Para establecer el servicio en Madrid hasta empalmar con las arterias principales que hay construídas y se están construyendo en la zona elevada, no se puede pensar en un diámetro mayor tratándose de tuberías de fundición, y menos si han de ir enterradas.

Para conducir sólo 1.000 litros necesitamos establecer un tubo de 1.200 milímetros de diámetro en una longitud de unos 13 kilómetros.

Como la pérdida de carga es de 0,0014 en 13 kilómetros, resultará de 18,59, es decir, que en las horas en las que el consumo del agua llegue á 1.000 litros, para que á la entrada del agua en las arterias actuales de distribución tengan la carga correspondiente á la cota 740, será preciso que el depósito esté á la cota 758,59, que es la cota á que hemos supuesto se debe establecer.

El Ingeniero-Director,
R. DE AGUINAGA.

(Continuará.)