





PROYECTO

DGCL  
A

DE

ABASTECIMIENTO DE AGUAS

DE

PALENCIA

---

ARQUITECTO

ARQUITECTO

D. JUAN AGAPITO REVILLA  
D. JUAN AGAPITO REVILLA



R. 51975

lt. 61594  
as 1084810

PROYECTO

DE

ABASTECIMIENTO DE AGUAS

DE

PALENCIA

ARQUITECTO

D. JUAN AGAPITO REVILLA



# PROYECTO

DE

## ABASTECIMIENTO DE AGUAS

### ESTUDIO

DE

## PALENCIA

ARQUITECTO

D. JUAN AGAPITO REVILLA

### MEMORIA

En todos los pueblos ha siempre el hombre procurado siempre aumentar la cantidad de agua disponible para aplicarla a voluntad a los diversos usos de la vida y de su utilidad. El agua es el elemento más importante de la vida de los animales y vegetales; la nutrición en ellos es esencialmente dependiente de la acción del agua, influyendo no solamente en la reproducción; los vegetales deben al agua, al no ser absorbidos en general, su desarrollo y en vida; los animales no se desarrollan, crecen ni gran mayoría si el agua no es absorbida y reciclada íntimamente con la sangre de los animales, la savia de los vegetales es en sí misma una cosa sino agua que en disolución o combinación llega a los distintos órganos del ser principios orgánicos, elementos de las funciones de la vida.

Pero es más, el agua no entra solo desde el nacimiento de nuestra alimentación; es necesaria en la vida para la higiene del cuerpo, los baños, el lavado y fregar de los platos, etc.

PROYECTO

DE

ABASTECIMIENTO DE AGUAS

DE

PALENCIA

---

ARQUITECTO

D. JUAN AGAPITO REVILLA

---

MEMORIA

---



## ESTUDIO

### DE LAS CONDICIONES A QUE DEBE SATISFACER EL ABASTECIMIENTO DE AGUAS

#### I

#### OBSERVACIONES SOBRE LAS DISTINTAS CANTIDADES DE AGUA NECESARIAS A LOS USOS DE UNA POBLACIÓN

En todos los pueblos y en todos los tiempos el hombre ha procurado siempre aumentar la cantidad de agua disponible para aplicarla a voluntad a los diferentes usos de la vida y de su utilidad personal o colectiva. El agua es elemento de vida de los animales y vegetales; la nutrición, en efecto, función importantísima en la economía animal, no podría verificarse sin la acción del agua, influyendo no poco hasta en la generación; los vegetales deben al agua, si no su nacimiento en general, su desarrollo y su vida; los minerales no se hubieran formado en gran mayoría si el agua no hubiera disuelto, acarreado y mezclado íntimamente aquellos componentes que les constituyen; la sangre de los animales, la savia de los vegetales no es otra cosa sino agua que en disolución o combinación lleva a los distintos órganos del ser principios nutritivos integrantes de las funciones de la vida.

Pero es más, el agua no entra sólo como componente de nuestra alimentación: es necesaria en la casa para la higiene del cuerpo, los baños, el lavado y limpieza de los lugares en

que vivimos y de casi todos los útiles de que hacemos uso constante en la vida. Es preciso, pues, colocar en primer lugar el uso del agua en la casa, ya que también es donde primeramente podemos utilizarla en nuestro servicio.

Casi tan interesante es la utilización del agua en la vía pública; los servicios públicos en las ciudades reclaman imperiosamente grandes cantidades de agua, unas veces en beneficio de la salubridad, para riego y limpieza de las calles, mercados, mataderos, para el arrastre de infinitos detritus que deben ser expulsados de las calles, para el lavado de las alcantarillas; otras veces en favor de la seguridad general, como la extinción de incendios; y aun otras en obsequio del ornato del pueblo y de la distracción, como es la utilizada en fuentes monumentales, juegos de agua, riegos de paseos y jardines y plantaciones, que tanto beneficio reportan a la higiene como a la estética.

Si tan importantes son los usos del agua en las poblaciones, como son los que sencilla y brevemente llevamos apuntados, tampoco lo son menos las aplicaciones que en la industria puede tener: en primer lugar, es indispensable para la producción del vapor empleado como fuerza motriz y de gran utilidad para la condensación del mismo, base el vapor de casi todas las industrias que dan vida y riqueza a los pueblos; y en segundo lugar, es el elemento insustituible para el abastecimiento de lavaderos, establecimiento de baños, piscinas y fabricación de múltiples productos, cuya sola enunciación es tan fácil de hacer, ya que casi todas las industrias necesitan del agua, unas veces para que sirva de unión o materia aglutinante de otras materias; otras para el lavado de efectos; muchas constituyendo el agua la base de los productos fabricados; pocas serán las industrias en donde el agua no intervenga.

Se hace preciso, por tanto, estudiar las distintas cantidades de agua que puede necesitar una población, atendiendo los múltiples y variados servicios que ha de llenar su circulación constante. El agua en las poblaciones es la sangre arterial en

los animales; tiene que llegar aún a las partes más recónditas del organismo de la urbe.

Es muy difícil hacer el cálculo aproximado del agua que una ciudad puede consumir. Es verdad que cuanto mayor sea la cantidad disponible de agua los servicios estarán más espléndidamente dotados de tan precioso auxiliar, y que la higiene y salubridad serán, por punto general, mayores; pero es también cierto que nunca debe llegarse a un límite tal que no pudiera sostenerse, ya porque la vena o depósito de agua de donde se toma se mermara de tal manera que dejase desamparados otros usos necesarios a otros pueblos, ya porque el costo de la alimentación fuera tan elevado que ninguna corporación, sociedad o empresa pudiera sufragar, sin grandes quebrantos y perjuicios, una instalación y entretenimiento que fijasen un régimen constante y duradero. Por otra parte, atendidos los distintos servicios que el agua puede llenar en la población, ¿para qué se quiere gran cantidad de agua sobrante? La práctica y observación de lo que pasa en poblaciones similares, ya por las costumbres, ya por la industria, ya por las condiciones del clima, que no influyen poco en la cantidad de agua que puede gastarse, son datos que deben tenerse presentes, a más de mirar siempre al porvenir, pues que estas obras de abastecimiento de aguas de una población se hacen para más de un día.

Se toma casi siempre como tipo de dotación el que corresponde por persona y día, y a él se refieren todos los demás servicios; una cosa análoga haremos nosotros, omitiendo los datos de las poblaciones extranjeras por la escasez de noticias, la dificultad de encontrarlas apropiadas a nuestro objeto y, sobre todo, por poderse estudiar estos asuntos en cualquier tratado moderno de saneamiento de poblaciones.

## II

## CÁLCULO DE ALIMENTACIÓN O CANTIDAD DE AGUA NECESARIA

La importancia mayor o menor que quiera darse a los detalles del consumo que acabamos de indicar, así como la preocupación del encargado de proyectar un abastecimiento de agua para una población, en la que pueden influir las variaciones en el consumo—y tantas otras cosas que pueden pasar desapercibidas al calculador—, pueden fijar muy aproximadamente la cantidad de agua necesaria para atender toda clase de servicios.

Es verdad que esas mismas apreciaciones harán que las cantidades supuestas para una buena alimentación sean muy distintas; pero para eso debe tenerse en cuenta otro principio: la prudencia, que limitará casi siempre entre cifras aceptables la dotación de agua, según las condiciones del pueblo a abastecer; influye también la importancia y desarrollo que se pretenda dar al consumo de agua, y, por último, hasta los pensamientos que se tengan en el porvenir influirán en la cantidad que deba señalarse para la alimentación.

Teniendo en cuenta las ideas predominantes entre los higienistas, haciendo pesar la influencia de los diversos usos de agua y las pérdidas debidas a la canalización; contando con las variaciones de consumo, que pueden influir tanto en la alimentación, como hemos observado; atendiendo a que la ciudad está dotada de agua entre los límites que indicamos en la introducción: 77,87 litros como máximo y 8,93 como mínimo, por día y habitante, debiendo señalar un término medio de 40 litros; y suponiendo, por último, que de la población actual sólo 15.000 personas puedan utilizar los servicios de las aguas que se proyecta traer, y que la ciudad alcance en el porvenir una población de 25.000 habitantes, creemos que con un caudal de 40 litros por segundo, que hacen corresponder 230 litros por

día y persona de las 15.000 y 138 de las 25.000 calculadas que puedan vivir en esta ciudad, ésta quede perfectamente alimentada y pueda atender, hasta con relativa esplendidez, a los múltiples usos que una población bien organizada reclama.

Quizás parezca exagerada esa cifra, mucho más si la unimos los 40 litros que en tiempo normal dan los manantiales del Ayuntamiento; pero no conviene perder de vista que calculamos el gasto máximo; el consumo medio sería inferior, y de bajar mucho el consumo del agua, se obtendría una economía, nada despreciable por cierto, en el entretenimiento de la alimentación, sin embargo de quedar siempre a cubierto de las contingencias del servicio. Es decir, que debemos lograr esa cantidad de agua en cualquier momento que la solicitemos, pero puede elevarse y usarse nada más aquella agua que necesitamos de ordinario; usaremos menor cantidad de agua, mas ninguna dificultad debe ofrecérsenos para llegar hasta los 40 litros por segundo, que únicamente conseguiríamos consumir cuando el desarrollo fuera tan grande que no solamente todos los servicios públicos estuvieran perfectamente montados, sino la mayoría de las casas tuviera su instalación especial, lo que está muy lejos de suceder.

Aun parecería exagerada esa cifra viendo que la señalamos por apreciación prudencial; pero un sencillo cálculo viene a dar el mismo resultado. Repetimos que lo que conviene calcular y determinar es el máximo consumo; pues bien, supongamos que conocemos el consumo diario medio en el año y que es igual a  $\frac{1}{33}$  parte del consumo mensual medio; es decir, que coinciden los consumos medio diario y la treinta ava parte del medio mensual, y que conocemos cualquiera de ellos, que llamaremos  $\alpha$ . No hacemos caso de las variaciones del consumo horario durante el día, porque el depósito de donde parta el servicio puede almacenar cantidad de agua bastante al consumo de las veinticuatro horas en todo tiempo. Esto indicado, hemos de

recordar que el consumo máximo diario en la semana o mes es una mitad mayor que el medio; luego será tanto como  $1,50a$ , y, en general, que el consumo máximo mensual es una tercera parte más que el medio mensual, aquí representado por  $30a$ ; el máximo mensual será  $40a$ ; ahora bien, el máximo de los máximos corresponderá al día de más consumo del mes de mayor gasto; por tanto, si  $40a$  es el consumo máximo en un mes, el medio diario de este mes será

$$\frac{40}{30} a = 1,33 a;$$

y el máximo de un día

$$1,33 a + 0,66 a = 2a;$$

es decir, que el máximo del consumo en un día es igual al doble del consumo medio diario.

Determinemos el consumo medio diario. No pecaremos de exagerados si suponemos para toda clase de servicios domésticos: lavado de la casa, fregadero, inodoros, limpieza personal, riego de jardines particulares, baños, etc., etc., un consumo de 45 litros por persona y día, así como tampoco si señalamos 35 litros para los usos públicos: riego y limpieza de la calle y jardines públicos, matadero, fuentes de recreo, limpieza de alcantarillas, lavaderos, etc.; también creemos quedarnos cortos al fijar 25 litros para los usos industriales; suman, pues, 105 litros los que pueden consumirse diariamente por cada persona en toda clase de aprovechamientos de aguas en la ciudad. Vamos a suponer que las pérdidas debidas a defectos de la canalización y desperdicios de agua sean solamente del 10 por 100, lo que es muy poco, de la que se consume sube entonces a 155,5 litros diarios por persona el consumo medio de agua; el máximo sería, por tanto, 231 litros, muy poco diferente de la dotación señalada más arriba, que hemos valuado en 230 litros para hacer el caudal por segundo de que debamos disponer de 40 litros

En el supuesto de que la población llegara a alcanzar la cifra de 25.000 habitantes, se tendría, según hemos indicado, un caudal disponible de 138 litros diarios por persona, que aumentado de los 24 que corresponderían entonces a cada individuo de las actuales aguas potables de la ciudad, alcanzaba una cifra de 162 litros en veinticuatro horas por cada persona, cantidad tampoco exagerada por defecto.

En resumen, ya se considere la población actual, ya la futura, creemos estar dentro de los límites que señala la prudencia al fijar el caudal de agua de que debemos disponer al segundo de tiempo; ni en el primer caso la dotación es abundantísima, puesto que hay otras mucho más superiores en las capitales de España, ni en el segundo es tampoco insuficiente, porque ciudades existen que, aun con menos aguas, atienden todos sus servicios con alguna amplitud. En este término medio nos quedamos y creemos que esa fijación está discutida en todos sus particulares.

## II

### PROCEDIMIENTO ELEGIDO Y PARTES DE QUE CONSTA

No tenemos más remedio que, según demostramos en los tanteos, acudir a la elevación para tener asegurado el abastecimiento de aguas de la ciudad, idea tampoco nada nueva, pues que ya en 1876 el arquitecto D. Cándido Germán presentó un anteproyecto para elevar 25 litros al segundo, tomando el agua sobre la llamada pesquera del Buen Consejo; pero la toma la proyectamos nosotros agnas arriba del puente de Don Guarín, más lejos de la ciudad y en punto más alto, con lo que conseguimos varias ventajas: al tener las aguas más separadas de la ciudad y exentas de la influencia de las huertas, serán también más puras, y la cantidad de materia orgánica que contengan más reducida; y al ser el punto más alto, la po-

tencia del motor será más pequeña, con lo que no se consigue poco.

Por los datos que poseemos, y que hemos expresado ya, se comprueba lo que ya era de suponer: que las aguas van ganando en condiciones de potabilidad a medida que se toman aguas arriba de la ciudad. No hacemos más hincapié en este detalle, pero no conviene perder de vista que las aguas que necesitamos para el abastecimiento de la población deben ser todo lo mejor que sea posible; no basta con que el destino principal de estas aguas sea servir los usos domésticos, limpieza, etcétera, riegos y usos industriales; no basta con que contemos con agua para la bebida, sin inconveniente alguno para la salud; como varias veces hemos indicado, su uso estaría limitado nada más que en épocas de epidemia, en las cuales no debe utilizarse el agua de río sin guardar las precauciones que la higiene aconseja.

En el sitio que indicamos nunca falta agua para el abastecimiento de la ciudad. No es extraño oír que el río, en épocas de sequía, no tiene agua para nada, y no es prudente exagerar las cosas. Según los aforos del Carrión, publicados por la Comisión central hidrológica, y los que nos han remitido del archivo de la suprimida División hidrológica de Valladolid, tomados 523 metros aguas arriba del puente de Don Guarrín, el gasto mínimo observado ha sido de 328 litros; aun pareciéndonos muy alta esa cifra, podemos aceptar la de 200 litros al segundo, que en las épocas más calamitosas, el pasado verano de 1898, pudiera descender a lo sumo a 150 litros al segundo, según nos ha expresado el ingeniero Sr. Rivera, en quien podemos conceptuar una opinión autorizadísima sobre la materia, no sólo por su profesión, sino por la intervención directa que tiene en la fábrica de Pajares, en la que tiempo ha tenido de hacer repetidas observaciones. Es más, aun en este año pasado de terrible y pertinaz sequía, el agua ha corrido constantemente en el vaso o tramo de Pajares a Husillos, así

que dejaba de influir el remanso que ocasionaba la presa de la primera de estas fábricas, según indicaciones que nos han hecho gentes muy conocedoras y que frecuentemente han visto el río Carrión en diferentes puntos de ese tramo.

No hay, pues, que abrigar temor alguno de que puedan faltar en ningún momento los 40 litros que al segundo habrá que aprovechar; el punto de toma, en el sitio que dejamos indicado, queda dentro del remanso de la presa de Pajares, ni aun momentáneamente puede faltar agua en tan pequeña cantidad, comparada con la que pueda discurrir por el río, ni siquiera en esta época que corresponde a la toma del agua del canal de Castilla, después de su limpieza estival a fines de Agosto y principios de Septiembre. El tramo entre las dos presas citadas es de 7,767 kilómetros, distancia de alguna importancia que puede asegurar en todo tiempo el agua que necesitamos.

Por otra parte, muy poco puede influir la toma de agua en la depreciación de la fuerza de los saltos de aguas abajo: la cantidad de los 40 litros al segundo es tan pequeña, que en épocas normales pasa con exceso por encima de la presa y no aprovecha, por tanto, al motor; en las épocas de sequía, y considerando las presas más próximas, no equivaldría el distraer esos 40 litros ni a un caballo de vapor en el salto de San Román, que es el mayor, fuerza que en una fábrica se pierde por el descuido más insignificante. Abrigamos la creencia de que no habría *reclamación* de ningún género por la pérdida de fuerza que representa ese caudal.

Proyectamos elevar el agua por máquina de vapor de acción directa, y es fácil que en esta solución se vea un inconveniente grave, suponiendo que sería más económico aprovechar el salto de Pajares, por ejemplo, *para mover las bombas*.

Este criterio no excluiría, de ninguna manera, el tener que instalar máquina de vapor para poder estar a cubierto de las faltas de agua para el motor hidráulico; la instalación del mo-

tor hidráulico podría hacerse de dos maneras: o arrendando el salto y la fábrica o expropiándola; para un abastecimiento como el que pensamos no es admisible el arriendo, y la expropiación, además de llevar aparejada la de la fábrica, por lo menos la del edificio, que para nada serviría a nuestro objeto, habría de hacerse, como es corriente en la expropiación de los saltos, sobre la base de dar una fuerza equivalente a la media del salto, es decir, que habría que dar el valor de una máquina de vapor de la potencia del salto, más el capital necesario a sostener los gastos de entretenimiento, y, por otra parte, habría que adquirir otra máquina de vapor para substituir al motor hidráulico en las épocas en que no pudiera funcionar. El problema, resuelto de esta manera, no puede satisfacer desde el punto de vista económico; el motor de vapor habría de ser adquirido de todos modos; su funcionamiento, más o menos extenso durante el año, consumiría combustible; la economía de combustible en la época que no se utilizara el vapor, ¿serviría para poder satisfacer y compensar el interés anual del capital que representa la adquisición del salto y fábrica? De ningún modo; se llevaría en perjuicio, por lo menos, el valor material del edificio con sus accesorios, pues, repetimos, no habría más remedio que justipreciar el valor del salto, sirviendo de base una fuerza equivalente, tratándose de expropiación forzosa por causa de utilidad pública, como aquí tenía que suceder.

Hecha la toma de agua en el punto elegido, es conducida por la tubería de impulsión a los depósitos. La necesidad de éstos es evidente: su objeto principal es regular el consumo; el agua tiene que ser elevada con un trabajo más o menos uniforme, pero con diferencias apenas sensibles en su régimen, que puede suponerse constante e igual durante las doce horas de trabajo diario; el consumo se verifica de una manera irregular, existiendo grandes diferencias, como ya hemos observado, en el consumo horario. Más detenidamente veremos la necesidad

del depósito en el capítulo especial dedicado a describir sus detalles.

No creemos que haga falta demostrar la ventaja de los depósitos abiertos en el terreno sobre los aéreos, desde el punto de vista de la economía; háganse los depósitos de palastro o siderocemento, material relativamente ligero, supuesto que ha de estar bastante elevado sobre el terreno; es lo cierto que no pueden contener grandes volúmenes, no sólo porque habría que aumentar considerablemente todos los elementos resistentes o influidos por fuerzas exteriores, sino por lo exageradísimo de su costo, conveniente nada más en depósitos de capacidad muy reducida, aquí inaceptables; pues por las razones que en otro capítulo expondremos, los depósitos deben poder contener el agua necesaria a tres días de consumo máximo, y éste se elevará por día a 3.456 metros cúbicos.

Entre los distintos sistemas que pudieran adoptarse, preferimos el de depósitos practicados en el terreno, sin cubierta protectora. Como se ve a primera vista, el depósito abierto en el terreno es sumamente económico; los muros de contención están formados por el mismo terreno, en masas considerables, que no es posible pueda romper la presión del agua contenida en el vaciado; pero convendrá, sin embargo, tanto para no perder agua, que al fin cuesta elevar, como para evitar que las filtraciones continuas reblandezcan las capas de terreno próximas a las aguas depositadas, y que aterramientos no ensucien el líquido que a la ciudad se quiere conducir, que sean revestidas la solera y las paredes de los depósitos con materiales que impidan las fugas de agua o filtraciones, en lo que relativamente puede conseguirse con los materiales más impermeables de que se puede hacer uso más corriente.

Los depósitos los supondremos sin cubrir, y sin filtros y aparatos especiales para la completa depuración de las aguas. La circunstancia de que las aguas que necesitamos no llevan la exigencia de que reúnan en grado supremo todas las condi-

ciones imaginables de bondad y potabilidad, sino que partimos del principio o base de que las aguas puedan beberse sin contratiempo alguno para la salud, y que, principalmente, su uso está destinado a los servicios públicos y limpiezas de todo género, reservando exclusivamente para la bebida las aguas que Palencia posee, procedentes del páramo de Autilla, hace que no exageremos las precauciones en los depósitos, ni propongamos filtros ni aparatos depuradores para hacer las aguas inmejorables aun para la bebida. Pero conviene a nuestro objeto advertir que no están desechados por nadie los depósitos descubiertos, siempre que reúnan condiciones especiales que no den lugar a vegetaciones en su fondo y paredes, y no puedan contaminarse sus aguas por causas exteriores, tampoco puede abrigarse el temor de que las aguas experimenten rápidamente los efectos de los cambios bruscos de temperatura del ambiente. El agua, como es sabido, es un cuerpo mal conductor del calor; se calentarán las capas inmediatas a la superficie; pero dando a los depósitos una profundidad regular, las capas bajas, las más próximas a las bocas que alimentan las tuberías que conducen el agua a la población, se mantienen en una temperatura algo constante. Se ha hecho repetidas veces la observación de que el agua de los depósitos descubiertos, tomada a una profundidad regular de dos metros, por término medio, por bajo de la superficie, experimentaba más difícilmente los efectos de las temperaturas extremas que las mismas aguas contenidas en las tuberías de distribución de la población, sobre todo si eran de fundición. Además, la luz y, sobre todo, la luz solar, combinada con la aireación, es un agente potente de depuración, oxida las materias orgánicas; los líquidos cargados de gérmenes, expuestos a la luz solar, se esterilizan bastante bien, y por la influencia del sol quedan destruídos los microbios patógenos más perjudiciales; la luz solar es *bactericida*, y esta propiedad tan beneficiosa es debida a los rayos violados del espectro solar. El efecto de la purificación se hace notar

hasta algunos metros de la superficie de las aguas; pero no conviene perder de vista que esos efectos serían perfectamente contrarios en depósitos descuidados de todo punto, con aguas estancadas o en reposo durante bastante tiempo, donde la vegetación y las descomposiciones animales y vegetales serían activadas por el calor solar.

Un depósito de no exageradas dimensiones, con aguas renovadas a menudo, y que dificulte, por lo menos, ya que no imposibilite en absoluto, la vegetación, es más que suficiente al objeto del abastecimiento de Palencia, tal como nosotros creemos que debe ser. La aplicación de los grandes filtros para tratar aguas en volumen de importancia, y las depuraciones por los distintos métodos empleados y conocidos en la actualidad, resultan siempre muy caras, y, lo que es peor, algunas veces de efecto dudoso. Un depósito filtro mal entretenido y descuidado en su funcionamiento es peor aun, porque acumula materias que se desean eliminar, en los depósitos ordinarios, en los que su construcción y gastos de conservación quedan reducidos a un mínimo. No trataremos, pues, de analizar los diferentes procedimientos llevados a la práctica, tanto para la filtración como para la depuración. En el informe de M. Martín sobre el concurso abierto en París en 1894 para la depuración y esterilización de las aguas de río, se decía "que es imposible obtener por ningún filtro, grande o pequeño, y de una manera permanente, un agua comparable a la de manantial, convenientemente buscada, bien captada y suficientemente protegida. La verdadera depuración del agua consiste en el aprovisionamiento de agua de manantial."

Nosotros no excluimos el uso del filtro, y recomendaremos, para determinadas épocas, el filtro doméstico, de poco coste y sencillo manejo; pero hay que limpiar y desinfectar con frecuencia y cuidadosamente la porcelana, sobre que se funda el sistema de casi todos los filtros domésticos—que ha dado resultados excelentes en muchísimas pruebas—, si no se quiere

que sea el filtro altamente perjudicial. Preferimos el filtro en la casa al filtro y la depuración en la alimentación de la ciudad; tras de no haber inconveniente en la mayor parte del tiempo en usar, tal como la conduce el río, el agua elevada, ocurre también que muchas aguas que se consumen en muy variados servicios no necesitan de depuración alguna, que demanda siempre grandísimos gastos en una explotación regular.

Por último, para estar a cubierto de las pérdidas de carga desarrolladas en la tuberías de distribución de la ciudad, y partiendo de la base de que el agua pueda elevarse hasta la altura de los últimos pisos de las casas, debemos contar con una carga real de 30 metros en los depósitos sobre las primeras casas de la ciudad, la plazuela de León. De 30 a 40 metros suele ser la altura media del agua en los depósitos sobre las poblaciones; nosotros nos quedamos en la primera cifra, no sólo por las dificultades del emplazamiento de los depósitos a gran altura, sino porque puede economizarse carga teniendo cierta amplitud al señalar las diámetros de las tuberías; pues si los gastos, los volúmenes de agua en la unidad de tiempo que pasan por ciertas secciones, varían como la raíz cuadrada de la carga, varían en cambio como la potencia  $5/2$  de los diámetros.

Dadas, en consecuencia, las condiciones que acabamos de exponer, no hay otro punto para emplazar el depósito que las laderas del cerro del Cristo del Otero; tiene cuenta, como es lógico, que la tubería de impulsión, la que conduce el agua de los aparatos elevadores al depósito, sea lo más corta posible, tanto por la economía como por evitar pérdidas de carga, lo que se traduce también en menor potencia del motor; pero también debe seguir la línea más corta posible de la tubería que conduce el agua de los depósitos a la ciudad, por las mismas razones que se supeditan a la economía. No hay sitio más a propósito que el señalado para la colocación de los depósitos; nosotros no hemos dudado un instante en escogerle; no le se-

para del punto de toma una distancia exagerada, y está también próxima a la ciudad. El *desiderátum* sería poder emplazar el depósito en un punto de la línea recta que une la toma de agua y la ciudad, pero el declive del terreno no lo consiente. No es poco favorable la solución adoptada.

Del depósito a la ciudad se conduce el agua sin tener que buscar para el asiento de la tubería más condiciones especiales que rehusar todo trazado que dé puntos de inflexión con la tangente por encima, en los cuales se acumula el aire; y esa tubería, una vez en la plazuela de León, empieza a bifurcarse y subdividirse hasta llevar el agua a la mayor parte de las calles de la población.

El plan, pues, que adoptamos consiste, en resumen, en elevar el agua del río Carrión, tomándola poco más arriba del puente de Don Guarín, sirviéndonos de bombas movidas por vapor; el agua es conducida por una tubería de impulsión a los depósitos situados en las laderas del cerro del Otero, y desde ese punto vuelve a ser conducida por otra tubería hasta la ciudad, donde se reparte por medio de tuberías más reducidas, hasta llegar a los puntos más apartados de la población. Son tres las partes principales del problema: toma de agua y tubería de impulsión (alimentación); depósitos (punto regulador) y conducción a la ciudad y red de distribución (consumo). El conjunto del problema está indicado en los planos; esas tres partes principales son estudiadas por separado en los capítulos siguientes.





## TOMA DE AGUA Y TUBERIA DE IMPULSION

### I

#### DETALLES DE LA TOMA DE AGUAS Y APARATOS ELEVADORES

Indicadas ya en el capítulo anterior las observaciones oportunas sobre el proyecto presente, y hecha la descripción general de las obras y detalles que comprende el desarrollo de las mismas, hemos de ser muy parcos en la descripción de los elementos u obras especiales, remitiéndonos siempre a los planos, en los cuales creemos haber detallado suficientemente todas las obras; sin embargo, algo diremos para ilustrar la descripción gráfica de aquéllos.

Como punto más asequible para el aprovisionamiento de combustible para los motores, y por la bondad del agua, así como también por ofrecérsenos una regular profundidad en la lámina de agua del Carrión, disponemos el punto de toma a 120 metros más arriba del puente de Don Guarín, sitio en que se emplazan los aparatos elevadores y del que parte la tubería que conduce el agua a los depósitos. Entre los aparatos elevadores y el río disponemos una atarjea o acueducto para retirar algo de la orilla del río la casa de máquinas y no quede incomunicada en las avenidas. Dicha atarjea lleva en su origen un pozo de entrada del agua y en el extremo otro pozo de absorción, donde toman el agua los tubos de aspiración de las bombas.

Desde el origen del primer pozo hasta el centro del pozo

de absorción hay una distancia de 40 metros, suficiente para poder colocar la casa de máquinas fuera de la altura de las aguas en las avenidas o riadas; el primer pozo está abierto en su cara lateral al río, y de la opuesta arranca la atarjea, desarrollándose horizontalmente hasta el pozo de absorción. Uno y otro pozo tienen sus soleras 30 centímetros más bajas que la de la atarjea, llevando el primero reja en la cara superior y tres armaduras con alambrado galvanizado, una malla gruesa para oponerse a la entrada en la atarjea de hojas y restos de algún volumen, y las otras dos de malla más fina, para apurar, en lo posible, esa introducción de cuerpos extraños en el pozo de absorción, a fin de que las bombas cojan aguas algo limpias que no intercepten el cierre de las válvulas. La atarjea se dispone de modo que la tapa quede a la altura del nivel de las aguas bajas en el estiaje, es decir, a una ordenada de 746,45 metros sobre el nivel del mar.

La disposición general, dimensiones y relación de éstas obras, así como el detalle de los pozos y atarjea, pueden verse con toda claridad en los planos.

Empleamos para su construcción el hormigón hidráulico en soleras, el sillarejo asentado con mortero de cemento en paredes y la losa para tapas, a más de las armaduras de hierro con alambrado galvanizado, que ya hemos dicho, y el hierro en chapas reforzadas con hierros de escuadra para tapa del pozo de absorción, elemento que también pudiera ser substituído por losas. De todas maneras es conveniente que el pozo de absorción sea fácilmente visitable, no tan sólo para limpiar el fango o materias extrañas que se depositen en el fondo, sino también para revisar las juntas de los tubos de aspiración, pues sabido es el menor rendimiento que da una bomba a medida que el tubo de aspiración permite mayor cantidad de entrada de aire. Esta ha sido también una razón por la que no proponemos tendido de tubería desde las máquinas al río, y sí la interposición entre unas y otro de la citada atarjea; el tubo de aspi-

ración debe estar siempre cuidadosamente vigilado, debe ofrecer la garantía de que sus juntas están perfectamente ajustadas, y enterrado y expuesto a los movimientos que puede ocasionar el paso de carros no puede dar esa garantía; además que, cuanto mayor es el recorrido de tubo de aspiración, los razonamientos son mayores y siempre hay una pequeña pérdida de trabajo, mejor dicho, siempre existe algo de trabajo consumido en vencer esos rozamientos del agua en los tubos.

Muy poco hemos de decir respecto de los motores y bombas, por haber hecho ya un cálculo aproximado de la potencia de los motores. Conforme con nuestro criterio de trabajar en la mitad de tiempo nada más, es decir, durante doce horas diarias, y queriendo elevar el máximo volumen de agua necesario para el abastecimiento, los 40 litros al segundo se convierten, en aquel trabajo restringido, en 80 litros por segundo; bien es de suponer que trabajando a este régimen no serían necesarias las doce horas diarias; pero debemos colocarnos siempre en el caso más desfavorable. La altura a que hay que elevar el agua es:

Ordenada del punto de desagüe en los depósitos..	785,12	metros.
Idem del nivel de bajas aguas.....	746,45	—
	<hr/>	
ALTURA DE ELEVACIÓN.....	38,67	—

que aun podemos aumentar en 50 centímetros, pues posteriormente a los datos tomados hemos observado un día (el 29 de Septiembre último) un nivel un poco inferior al apuntado; sea esa altura de 39,17 metros. Teniendo en cuenta la pérdida de altura debida al rozamiento del agua en la tubería de impulsión, así como las mismas pérdidas ocasionadas por el paso del agua por llaves y codillos, podemos fijar en 50 metros la altura virtual de elevación, como habíamos supuesto en el referido capítulo. Un punto nos hace falta justificar: la ordenada del punto de desagüe de la tubería de impulsión. Hemos de situar los depósitos a 30 metros en su fondo sobre las primeras casas

de la población, la plazuela de León, y es claro que aquella tubería debe desaguar en el punto más alto de los depósitos; esto supuesto:

Ordenada de la plazuela de León.....	751,22
Altura representativa del nivel de agua en los depósitos sobre la indicada plazuela.....	30,00
Profundidad de los depósitos o diferencia de altura entre el desagüe de la tubería de impulsión y origen de la de servicio.....	4,00
TOTAL.....	<u>785,22</u>

que es aproximada a la ordenada que hemos establecido más arriba.

Aceptando, pues, estos datos, así como las hipótesis de rendimiento del motor, tenemos bastante, como ya indicamos, con una caldera de vapor de fuerza de 70 caballos efectivos.

No hacemos estudio especial de los generadores de vapor ni de las bombas, porque llegado el caso de la adquisición de este material, lo más acertado será sacar a concurso el suministro de caldera, bomba y detalles de tubería hasta empalmar con la tubería de impulsión, razón por la que tampoco calculamos sección y altura de la chimenea; pero para poder añadir la correspondiente cifra al presupuesto general, proponemos la adquisición de una caldera multitubular tipo Cornisk o Babcock o sistema análogo, y una bomba de acción directa de doble efecto, de triple expansión y condensación, tipo de las fabricadas por la conocida y acreditada casa Compañía de bombas Worthington, dedicada exclusivamente a la construcción de estos aparatos elevadores.

La bomba de acción directa tiene la ventaja de que toda la presión del vapor la aprovechan los émbolos del cuerpo de bomba sin interposición de transmisión de movimiento alguno, por lo que no hay pérdidas, o son muy insignificantes, en la transmisión de la fuerza que recibe la bomba; al ser de triple expansión se aprovecha hasta el máximo la fuerza expansiva

del vapor, pues después de haber trabajado el vapor en dos cilindros de alta presión, pasa a accionar sobre otros dos de media presión, a la vez que el vapor que directamente viene de la caldera entra en los primeros cilindros, pasando aún después a los cilindros de baja presión, sumándose, por consecuencia, los efectos que simultáneamente se ejercen sobre los tres pares de cilindros, que se transmiten íntegros, aparte rozamientos y resistencias pasivas de la máquina, a los vástagos de los émbolos de los dos cuerpos de bomba. De los cilindros de baja presión pasa el vapor a un condensador de superficie colocado a la salida del agua de la bomba, impulsada ya, lo que simplifica también el sistema, pues no es necesaria alimentación especial de agua para el condensador; la misma que asciende por la tubería de impulsión pasa antes por el condensador, economizando no pequeño trabajo mecánico; del condensador vuelve ya el agua caliente a la caldera, como en todas las demás máquinas con condensación.

Excusado nos parece indicar que una bomba de tal importancia debe llevar todos los detalles precisos al buen funcionamiento; los tubos de aspiración deberán tener válvulas de retención para que siempre esté *cebada* la bomba, habrán de llevar colador o cebolla antes de entrar el agua en los cuerpos de bomba, siendo muy conveniente que se coloquen donde sea fácil su visita y limpieza; antes de entrar el agua en la tubería de impulsión pasará por una llave de retención también para que el agua no pese o ejerza acción alguna mecánica sobre los émbolos de la bomba durante las horas de descanso, así como llevará la tubería un depósito de aire que haga oficio de volante y llave de descarga para vaciar el contenido de dicha tubería en casos de reparaciones o necesidades que pudieran ocurrir, descarga que debe verificarse en el pozo de absorción con el fin de obtener alguna economía en las obras de desagüe.

Nosotros, a pesar de poseer datos muy curiosos y detalla-

dos de estas bombas, que nos ha facilitado en gran escala la casa constructora, dejamos nada más que indicado este particular; llegado el caso, repetimos debe formularse un pliego especial de condiciones y consultar los resultados de abastecimientos análogos. En el presupuesto no incluimos más que un juego de caldera y bomba, con el que bastará al principio; pero debe pensarse también instalar otro doble juego para estar a cubierto de los efectos de cualquiera avería en calderas o bombas y disponer la instalación de manera que cada caldera actúe indistintamente en cada bomba. Esta manera prudente de ejecutar llevará algún mayor gasto o costo en la instalación de aparatos elevadores; pero además de asegurar el servicio en cualquier momento, los gastos de entretenimiento serían los mismos y no llevarían aumento alguno a los de entretenimiento anual de los motores.

Creemos que baste lo apuntado para tener idea clara de la importancia de los aparatos elevadores, así como de su funcionamiento y mecanismo general.

## II

### CASA DE MÁQUINAS

Es esta un accesorio de gran interés en la toma de aguas. No basta tener aparatos elevadores, es preciso que estén resguardados de las inclemencias atmosféricas y que tengan constantemente a su lado una vigilancia continua y una guarda permanente. Es necesario, pues, un edificio, tanto para emplazar esas calderas y bombas como para situar ciertas dependencias indispensables a una pequeña industria como la de elevar aguas. Se ha de gastar combustible en regular cantidad, y el lugar en el que se colocan las bombas está algo distante de la ciudad, por lo cual se hacía necesario habilitar alguna construcción para carbonera y otra para habitación del encar-

gado de poner en marcha los motores y vigilar su funcionamiento.

Por este motivo hemos proyectado una regular y amplia casa de máquinas, cuyos detalles todos pueden observarse en la hoja correspondiente de los planos, ya que hemos dibujado la planta, las fachadas principal, posterior y lateral, y las secciones longitudinal y transversal.

La disposición general de este edificio es muy sencilla: consta de un patio de entrada, cerrado en la fachada principal que da frente a la carretera de Tinamayor, con enverjado sobre zócalo de sillarejo y puerta de madera; sirve de fondo de ese regular patio el pabellón de máquinas, y está cerrado a izquierda y derecha por otros dos pabellones más bajos que aquél, destinados: uno a carbonera y almacén, con comunicación con el pabellón de máquinas, y el otro a habitación del maquinista y una pequeña oficina para llevar los registros de combustible consumido en el trabajo diario, oficina también en comunicación directa con la sala de máquinas.

Delante de esta última pieza, y dirigiéndose hacia el centro del patio, se emplaza la chimenea de fábrica de ladrillo, característica de toda industria en la que el vapor es la base.

La sala de máquinas es un rectángulo de 15 metros de longitud por siete de fondo, medido interiormente, con amplias puertas y ventanas semicirculares, que darán una gran luz al interior; puede cerrarse o separarse con un tabique el departamento de calderas, e incomunicarle de donde estén las bombas, y hasta tapiarse las ventanas próximas a aquéllas para no perder temperatura. Estos son detalles insignificantes y de poco costo, que pueden disponerse al hacer la instalación de los aparatos elevadores y generadores de vapor.

El pabellón de la izquierda, de 12,60 por 7,20 metros de luces, está dividido por un tabicón de asta de ladrillo en dos compartimientos iguales, que sirven de carbonera y almacén,

como hemos dicho, y tienen puertas independientes al patio. El otro pabellón, de iguales dimensiones que el anterior, está dividido por una traviesa y tabiques sencillos de ladrillo, en las habitaciones convenientes para el maquinista, a las que preceden un portal, con puerta al patio, y la referida oficina, desarrollándose aquéllas a un lado y otro de un pasillo que sigue dirección paralela al eje del pabellón; las habitaciones son: una cocina, una sala comedor y cuatro cuartos, además de un retrete. Este último detalle de la colocación de retrete en una habitación situada en campo abierto parece una anomalía; pero es lo cierto que generalmente se hace costumbre de arrojar las materias sucias en determinados sitios, y nunca muy distantes del lugar que se habita, y sería de malísimo efecto la vista de un estercolero al lado de una tubería que conduce aguas para una ciudad. Disponemos, por tanto, retrete y un pozo Mouras perfectamente revestido interiormente, para que no haya filtraciones en el terreno, y bien ventilado.

La construcción de este edificio la proyectamos en relación con los materiales de que puede disponerse en la localidad; es un principio de buena construcción y economía que se adopten los materiales que da el suelo, mientras sus condiciones sean aceptables, ya por lo que se refiere a la solidez y resistencia, ya también por lo que afectar pueda al aspecto. Bajo este concepto adoptamos la mampostería para cimientos, que será hidráulica en la profundidad correspondiente en que más influye el agua subterránea, terminando el relleno de las zanjas de fundación con mampostería ejecutada con mortero común. Los zócalos se proponen de sillarejo reforzados en todas las aristas y tranqueros con sillares de piedra de Fuentes de Valdepero o Monzón, piedra que si no reúne todas las condiciones apetecibles de bondad y aspecto, puede, al menos, dar resultado empleada con la sobriedad que se emplea en el edificio de máquinas, además de ser el material más frecuentemente usado en Palencia.

118 Todos los muros de carga, ya sean paredes exteriores o interiores, los proponemos de fábrica de ladrillo ordinario; este es el material que más abunda en la construcción del edificio de máquinas, y seguros estamos de que es insustituible procediendo de las tejas de la localidad, en las cuales se ha dado un gran impulso a la fabricación de productos de barro cocido destinados a la construcción.

119 Las armaduras de tejado son sencillas; hemos adoptado este tipo porque al repartir el peso uniformemente hacen también que no sean exagerados los espesores de muros, ya que su línea es de bastante consideración; la variedad elegida entre las armaduras sencillas o simples es la llamada a par e hilera, constituida en sus pares e hilera o caballete por tablones de pino rojo del norte; el atirantado se consigue por medio de barras de hierro forjado, en los paquellones de máquinas, carbonera y almacén, pues al no llevar cielo rasos nada encontramos que sea más económico que esos hierros redondos que pueden templarse con tuercas que apoyan en los estribos; en el pabellón de la habitación del maquinista y oficina, el atirantado es también de tablón, para poder sostener los cielos rasos. La cubierta de tejado queda propuesta de teja de la llamada plana del tipo de Borgoña, colocada sobre listones clavados en la tablazón de la armadura; claro que podría haberse suprimido la tablazón en el momento que se colocan las tejas sobre listones, que podían ir clavados directamente en los pares, pero no conviene perder de vista que el clima de Palencia es exagerado y que la tabla aísla algo, no haciendo tan sensible al interior los efectos de la temperatura del exterior. En los demás materiales y detalles de construcción nos hemos sujetado a las prácticas corrientes seguidas en la ciudad.

120 Un edificio de este destino, emplazado en campo abierto, lo menos que debe tener es decoración, y, en efecto, hemos procurado eliminar todo carácter artístico, eligiendo detalles sencillos de composición y forma únicamente en las guarnicio-

nes de los huecos, que conceptuamos necesarias siempre, para separar de los huecos las aguas que resbalan por los paramentos durante las lluvias, y en las cornisas, cuyo objeto es separar también de los paramentos de fachadas las aguas que recogen los faldones de las cubiertas.

No expresamos más sobre la construcción, decoración y detalles del edificio de máquinas, porque en la referida hoja de los planos queda determinado en todas sus partes este particular proyecto, así como también en los estados de mediciones del capítulo I del documento núm. 4 del proyecto del presupuesto.

### III

#### TUBERIA DE IMPULSIÓN

Pasando por alto la casa de máquinas y volviendo al punto de desagüe de las bombas al punto de impulsión, arranca de éste la tubería que eleva el agua a los depósitos. Baste saber ahora que éstos se sitúan en las laderas del cerro del Cristo del Otero, entre el Humilladero y la carretera de Santander, como se ha dicho ya.

Para el trazado en planta de dicha tubería de impulsión habíamos de tener en cuenta, como es natural, la menor distancia, y así es, en efecto, como hemos desarrollado su trazado, partiendo desde la casa de máquinas con una gran alineación, que se quiebra en otras cuatro en las aproximaciones de los depósitos, debido a regulares desmontes verificados allí para la extracción de arena. En el replanteo de la obra podrían substituirse estas cuatro alineaciones por una sola, terraplenando convenientemente esos vaciados con los productos sobrantes del desmonte de los depósitos; así sería algo menor la pérdida de carga en dicha tubería.

No nos importaba tanto el trazado en alzado de esta tubería, pero al mismo objeto de no perder carga, lo que equivale

en este caso a aumento de la fuerza del motor, hemos hecho que las pendientes no tengan grandes diferencias y para evitar grandes desmontes en la zanja donde ha de ir enterrada, nos ceñimos al relieve del terreno, no resultando, sin embargo, numerosas las pendientes.

Esta tubería no atraviesa más puntos principales que la vía del ferrocarril de Santander y los caminos viejo de Husillos y de la Miranda; en los tres casos la cota es suficiente para no abrigar temor alguno respecto de los efectos de las trepidaciones debidas al paso de los trenes y de los carruajes.

El trazado de la tubería puede verse en las hojas de los planos, donde se dibujan los perfiles longitudinal y trasversales.

La tubería es de fundición, de la llamada de enchufe y cordón, de 40 centímetros de diámetro interior como máximo, pues este detalle está en relación con la potencia de los motores. El procedimiento de cálculo para determinar el diámetro se verá más adelante, en el cálculo de la red de distribución de tuberías de la ciudad.

### TUBERÍA DE IMPULSIÓN

#### ESTADO DE ALINEACIONES

Número de orden	ALINEACIONES RECTA		
	RUMBOS		LONGITUD Metros
	Grados centesimales	Minutos	
1	143	88	2.421,57
2	91	95	27,20
3	129	90	20,00
4	156	80	22,50
5	95	25	69,00
TOTAL.....			2.560,27

## ESTADO DE RASANTES

NÚMERO de orden	LONGITUD — Metros	PENDIENTES	
		Subiendo	Bajando
1	141,60	0,0255	»
2	1.356,08	0,00471	»
3	550,06	0,01192	»
4	250,73	0,0472	»
5	123,10	0,0343	»
6	338,70	0,02285	»
	2.560,27		



## DEPOSITOS Y TUBERIA DE CONDUCCION A LA CIUDAD

### IV

#### CAPACIDAD DEL DEPÓSITO Y DIVISIÓN

Ya hemos indicado anteriormente que una de las tres partes principales que abarca el problema de la distribución de aguas en la ciudad es el depósito.

El abastecimiento de aguas de todo centro de población se hace siempre de una manera regular, bien sea uniforme y continuamente, como cuando la conducción es por derivación, ya trabajando al día con los aparatos elevadores cierto número de horas, durante las cuales la aportación de agua es constante; es decir, que se conduce o se eleva el mismo número de litros en la unidad de tiempo; por el contrario, el consumo de agua en la población es completamente irregular durante las diversas horas del día, y si en algunas el agua consumida representa una pequeña parte del volumen conducido o elevado, en otras el gasto es inmenso y no daría lo suficiente al consumo el agua de que se dispusiera si directamente pasara a las tuberías de distribución. Ya hemos descrito las variaciones del consumo horario durante el día; el agua necesaria a los usos domésticos se emplea generalmente en ciertas horas del día, y en las restantes es muy insignificante el gasto, si es que no se anula algunas veces; hay servicios que reclaman el uso del agua en determinadas horas, y entonces de una manera verdaderamen-

te espléndida, como el matadero, los riegos de jardines, la limpieza de las calles, el arrastre y la licuación de las nieves, la extinción de los incendios, etc. Si la red de distribución de agua en la población recibiese directamente e agua conducida, en algunos momentos no tendría agua que dar, en la proporción conveniente, a esos distintos destinos, mientras que en otros la misma cantidad de agua conducida sobraría y habría que darla salida a un desagüe donde no pudiera aprovechar a la ciudad.

La interposición del depósito entre la conducción y la distribución tiende a remediar ese inconveniente; constituye el regulador el volante de la distribución; acumula, almacena la diferencia de agua entre la aportada y la consumida, cuando ésta es menor que aquélla y va saltando esa diferencia cuando el consumo se eleva sobre el caudal llegado en el mismo tiempo.

Pero tienen otra ventaja los depósitos: las obras de conducción de agua, por muy esmerada que se haya llevado su construcción, están expuestas a variadas averías, que pueden, en momentos dados, suspender el servicio de alimentación, ya se haga por derivación, ya por elevación; en el momento que se ofrece una reparación de alguna importancia en la conducción, el surtido de la ciudad quedaría suspendido, si no había depósito, y el inconveniente entonces no tenía remedio; aun más: las aguas de río arrastran grandes cantidades de tierras y arenas, sobre todo en las épocas de lluvias, durante las cuales es preciso, aunque el agua no se dedicara de manera absoluta a la bebida, que experimente algún reposo para que se verifique una decantación que vuelva al agua una transparencia y diafanidad, siquiera más agradables, ya que para algunos usos lo sea de necesidad imprescindible.

Vemos, pues, la necesidad del depósito; hagamos algunas indicaciones sobre la capacidad que debe tener.

Sin contar los acumuladores y depósitos de aire comprimido, usados casi siempre de una manera deficiente por la difi-

cultad de regular la presión en todos los momentos en que el gasto de agua es muy variable, y que su objeto es el de substituir la carga verdadera que da la altura del depósito sobre la población por una fuerza equivalente; considerando sólo los depósitos, desde los cuales el agua por su propio peso es distribuída en la ciudad, hay que hacer notar la gran variedad en la capacidad que se les ha señalado, si bien sirve de tipo o módulo el consumo diario.

Ya hemos indicado que el depósito debe atender con regularidad las variaciones del consumo horario; pero como hay siempre un período de más o menos horas durante el día en el que el agua aportada es gastada en el mismo instante, y otro en que aun supera el consumo a la alimentación del depósito, la capacidad de éste siempre será menor que el consumo diario, deduciéndose, según observaciones practicadas por Marchal en las aguas de Châlons-sur-Marne, que para una alimentación constante y regular bastaría una capacidad equivalente al  $\frac{1}{6}$  del consumo diario para el depósito, bastando, por tanto, con una capacidad igual al  $\frac{1}{4}$  o al  $\frac{1}{3}$  para una alimentación de doce o diez horas.

Claro que ha de ser la capacidad consecuencia o función de otras varias circunstancias: si se hace el depósito aéreo, importará muchísimo llegar al mínimo de capacidad dentro del consumo máximo, por lo cara que resulta la construcción; pero si se hace a cielo abierto y se emplea un revestimiento económico, no importará entonces dar a los depósitos volúmenes de gran cubo para poder estar a cubierto de averías graves en la conducción o para decantar las aguas. En Alemania, la relación entre el consumo diario y la capacidad está expresada por el 14 por 100 del consumo en Colonia; en Strasburgo, por 17 por 100; en Leipzig, por 23; Altona, 33; Danzig, 38; Koenisberg, 42; Dresde, 74; Wiesbaden, 144,6 por 100, casi vez y media el consumo diario, y en Postdam, 225 por 100, dos veces y

cuarto el consumo diario. En Francia es raro que los depósitos no tengan por lo menos una capacidad igual al consumo diario, siendo muchas veces superior; en nuestro país es muy frecuente encontrar depósitos que, sin estar alimentados, pueden dar agua a la población para ocho, diez y aun más días. No conviene tampoco dar dimensiones exageradas a los depósitos, no sólo por el gran coste y desembolso que demandan y por ser más cara la conservación, sino porque grandes masas de agua, en relativa quietud o reposo, no ganan nada, y pueden hacerse a veces muy nocivas, o perder en parte algunas de las buenas condiciones que las podían recomendar.

Nosotros partimos en nuestro proyecto de la base que, aunque las aguas elevadas sean destinadas en general a otros usos distintos de la bebida, deben estar cuidadas y ser todo lo limpias que sea posible, ya que en circunstancias normales, que son las más, pueden beberse sin peligro alguno para la salud de los vecinos; y es más, tenemos la creencia que pocos tendrán recelos y miedo en su continuo uso. Por lo tanto, la capacidad de los depósitos la suponemos triple del consumo máximo diario; una tercera parte estará en reposo para sufrir una decantación regular; otra tercera parte, ya decantada, servirá a la ciudad, y la otra servirá para recibir el trabajo de los aparatos elevadores. Esta manera de proceder exige una división especial de los depósitos: éstos, realmente, serán tres, de la misma capacidad, equivalente en cada uno al consumo máximo diario; así se establece una incomunicación perfecta entre el agua que se eleva, la que sirve la distribución de la ciudad y la que experimenta una decantación provechosa antes de alimentar la red de tuberías, y pueden alternar los tres depósitos por terceros días en el mismo servicio, estableciendo una rotación regular y continua, cuyo mecanismo y cuyas atenciones y cuidados se reducen a muy poco trabajo, y éste practicado de una manera sencilla.

Claro es que en épocas normales el consumo medio diario

quedará muy por bajo del que gastaría los 3.456 metros cúbicos de agua que corresponden a las veinticuatro horas con la dotación de 40 litros al segundo; pero hemos indicado varias veces que en el abastecimiento hemos de calcular siempre los gastos máximos, de donde, sin gran esfuerzo, puede deducirse, y tener la seguridad de que llenos los tres depósitos habían de servir para más días que los tres indicados, como que excederían de siete, sin recibir alimentación alguna de las bombas.

Es verdad que por este motivo podía hacerse alguna observación a nuestro proyecto en la parte concerniente a la adquisición del agua; si los motores no han de trabajar de una manera continua, su fuerza, repartida en un trabajo diario, regular y constante, bajaría bastante, y entonces podría aplicarse a la elevación la fuerza hidráulica de algún salto próximo, el de Pajarés, por ejemplo. Pero el proyecto está pensado para cubrir todas las necesidades de la población; si luego no hay necesidades, si no hay instalaciones particulares o el consumo de agua se hace con miseria, sobra todo; tenemos la idea fija en el porvenir; ninguna población se ha quejado por facilidades y abundancia de medios de vida; pensando siempre en lo más y ejecutando con el mismo criterio los gastos, al principio de la explotación son crecidos, el rendimiento del capital empleado es pequeño; pero ¿cuánto y muchísimo más caro no resultaría adoptar una solución que, desde luego, se suponía deficiente en el porvenir, para más tarde hacerla cambiar por completo?

Creemos, pues, que bastarán estas razones para comprender la importancia de los depósitos de agua, y que quedan expuestos con claridad los motivos que nos conducen a dividir el depósito general en tres iguales de una capacidad aproximada a la suficiente a contener el volumen total diario sobre que basamos el abastecimiento. Al principio de montar el servicio de aguas, cuando el gasto o el consumo es pequeño, cuando aún la población no se ha acostumbrado a los beneficios del agua, verdad es que con solamente dos depósitos se pueden atender

con exceso las atenciones todas de la ciudad en sus diferentes usos; se harán al principio dos depósitos, y aun podrá llevarse la explotación con un solo depósito, pero el plan queda indicado para el porvenir; no podrá decirse luego que no se pensó en el mañana, y que solamente se ha dado una solución para satisfacer las necesidades del momento, defecto del que adolecen muchos servicios públicos en España, y cuyo ejemplo palpable le vemos en Palencia. Indicadas estas breves consideraciones, no en defensa de nuestro proyecto, sino cumpliendo una de las bases aprobadas por el Ayuntamiento para que sirvieran de guía y criterio fijos en la redacción de estos estudios, pasemos a exponer cómo situamos los depósitos y hagamos una descripción sucinta de las obras necesarias.

## V

### DESCRIPCIÓN Y DETALLES DE LOS DEPÓSITOS

Hemos indicado la razón de situar los depósitos en la falda del cerro llamado del Cristo del Otero, y que debían tener una altura de 30 metros sobre el suelo de la plazuela de León; esa altura, como es natural, la suponemos medida hasta el principio u origen de la tubería que arranca de los depósitos para llevar el agua a Palencia.

En ningún punto de dicho cerro se encuentra superficie a propósito para emplazar los depósitos mejor que en la zona comprendida a la derecha del Humilladero, dando casi frente a la carretera de Santander; esta solución tiene también la ventaja de que pronto se encuentra un desagüe necesario para las descargas de los depósitos o para recoger el agua sobrante que escurra por los aliviaderos de superficie, imprescindibles para que no se desborden las aguas o no se eleven sobre la superficie hasta la cual deban contenerse.

El primer punto que se ofrece para determinar las dimensiones de cada depósito es la altura de agua en el mismo. Es

cierto que, a medida que la altura o profundidad de agua es menor, los gastos de construcción son menores también, pues siendo relativamente pequeña la superficie lateral mojada, los revestimientos son menos costosos; sin embargo, una profundidad exageradamente pequeña conduce a una superficie muy grande del depósito, y entonces el agua puede sufrir más prontamente la temperatura del ambiente; por el contrario, una gran profundidad ocasiona diferencias muy notables en la carga al oscilar la superficie del agua entre dos puntos de nivel muy separados, además que los revestimientos y las paredes de contención se hacen más resistentes y costosos.

Conviene, en consecuencia, una profundidad de agua de tres a cuatro metros para que no pueda calentarse o enfriarse demasiado en las estaciones extremas. Señalamos, pues, la de cuatro metros.

Con este dato, y dando a las paredes interiores una inclinación de  $45^\circ$ , el depósito tendrá 30 metros de línea en el fondo por 38 en la línea superior, siendo 20 y 28 metros, respectivamente, los anchos en el fondo y en la altura máxima del agua, fijando estas dimensiones desde la capa o plano aprovechable al servicio; el fondo se deja con las inclinaciones oportunas de 2 por 100 de la línea de mínima pendiente, para que, recogién-dose las aguas más sucias por la decantación, puedan ser expulsadas fácilmente; esas inclinaciones del fondo quedan por bajo del tubo que conduce el agua a la ciudad; así, el volumen útil y aprovechable para almacenar agua es de 3.413,328 metros cúbicos, aproximado al resultante de los 40 litros al segundo. Los depósitos llevarán un revestido de hormigón hidráulico de 25 centímetros de espesor, guarnecido de un enlucido de mortero de cemento de tres centímetros de grueso.

La posición de los tres depósitos y sus detalles pueden verse en las hojas de los planos que se acompañan. En aquélla se indica también el tendido de las diferentes tuberías que sirven para la alimentación de los depósitos, tomadas de la elevación:

la de servicio, que va a la ciudad, y la de descarga, que tiene por objeto desaguar los depósitos o hacerlos comunicar hasta que en dos de ellos, o en los tres, tome el agua la misma altura, maniobrando las diferentes llaves de compuerta en la casa de llaves, donde pueden hacerse todas las combinaciones oportunas con rapidez y facilidad; los aliviaderos de superficie comunican entre sí por medio de alcantarillas que van a desaguar en el tubo libre de descarga o desagüe, cuya dirección también se indica en el mismo plano hasta llegar al arroyo arriba indicado.

Una obra de este género, tanto por su vigilancia continua como por las necesidades del servicio, reclama la permanencia constante de un guarda, para lo cual se dispone una habitación o casa, desde la que fácilmente pueda atender el cuidado que se le encomiende. También se indica su disposición en el plano referido.

## VI

### CASA DE LLAVES

Muy brevemente hemos de describirla. En los planos que se unen a esta Memoria hay uno que contiene la planta natural de la casa, la de cimientos y parte subterránea de la cámara de llaves, las fachadas principal y lateral, y las secciones longitudinal y transversal, cogiendo la cámara de llaves, como punto más importante de este edificio.

Consta de un solo pabellón de 7,80 metros de línea por 14 de fondo, dividido en dos regulares dependencias, destinadas: una, que es la situada en el fondo, a cámara de llaves, y la otra, la parte anterior, a habitación del guarda y a una oficina, en donde puede llevarse el diario o registro de las alturas de agua en los depósitos, y donde puede constituirse el centro de comunicación entre la ciudad, los depósitos y la casa de máquinas por medio de los avisadores y teléfonos que ya se han indicado deben existir en toda instalación de este género. La

habitación particular del guarda se compone de una cocina, una salita-comedor y tres cuartos.

La construcción y los materiales que habrán de emplearse serán análogos a los indicados en la casa de máquinas; sólo habrá la diferencia de la cámara de llaves, en la que el suelo de la planta natural se construirá con viguetas de hierro de doble T, de 18 centímetros de altura, forjando los entrevigados con bovedilla de doble fabricado de ladrillo. Sobre este suelo se sujetarán los soportes para el movimiento de las llaves, y llevará aquél una trampa que cierre la bajada del sótano de las mismas. La disposición que en estas dependencias llevan las llaves, así como las tuberías especiales de alimentación, de conducción a la ciudad y de comunicación entre los depósitos, quedan suficientemente indicadas en los planos referidos, relevándonos de descripciones minuciosas que confundirían.

## VII

### TUBERÍA DE SERVICIO O DE CONDUCCIÓN A LA CIUDAD

Es esta la tubería que conduce el agua de los depósitos a la ciudad. El cálculo del diámetro, así como el agua que debe conducir al segundo de tiempo, se expresarán en el capítulo siguiente. Vamos a indicar nada más su trazado.

Partiendo, pues, esta tubería de los depósitos, la damos un trazado en planta y alzado, sujetándola al relieve del terreno y evitando siempre puntos altos de inflexión, por lo que, cruzando la carretera de Santander, se dirige en una dirección paralela a su eje, atravesando tierras de labor hasta encontrar el camino viejo de Villalobón, siguiendo la calleja que dejan las agrupaciones de construcciones existentes en el encuentro del ferrocarril con dicha carretera; atraviesa la tubería aquél y ésta; y por el paseo inmediato al cuartel de Alfonso XII llega al límite, donde empiezan las tuberías de distribución en la ciudad, en la plazuela de León.

Con los estados de alineaciones y rasantes de esta tubería terminamos el capítulo. En una de las hojas de los planos se encuentra el trazado en planta, y en otra, los perfiles longitudinal y transversales de esta tubería.

### TUBERIA DE SERVICIO A LA CIUDAD

#### ESTADO DE ALINEACIONES

NÚMERO de orden	ALINEACIONES RECTAS		
	RUMBOS		LONGITUD — Metros
	Grados centesimales	Minutos	
1	198	23	464,43
2	226	70	306,25
3	256	30	256,20
4	260	85	296,40
5	268	35	164,70
6	268	40	139,60
7	227	20	26,55
TOTAL. ....			1.654,15

#### ESTADO DE RASANTES

NÚMERO de orden	LONGITUD — Metros	PENDIENTES	
		Subiendo	Bajando
1	173,93	"	0,07546
2	261,30	»	0,01928
3	135,70	»	0,04053
4	350,20	»	0,01570
5	733,00	»	0,002728
1.654,13			



## DISTRIBUCION GENERAL DEL AGUA EN LA CIUDAD

### I

#### RED DE TUBERÍAS

La distribución de tuberías en la superficie de la ciudad no deja de presentar dificultades importantes, nacidas unas del trazado en planta de las calles, y del relieve de las mismas otras.

Según principios muy recomendados en la práctica, deben evitarse en las tuberías, cuanto sea posible, las pendientes de signo contrario; y los ramales que arranquen de las tuberías maestras deben cubrir el servicio en una superficie o zona que limiten las bisectrices de los ángulos que formen los ramales con la tubería principal. Dejando a un lado la influencia de las pendientes sobre las presiones interiores de las tuberías, es innegable la que se ejerce sobre el gasto de la conducción por el aire que encierran las tuberías; después de algún tiempo de uso, toda tubería que ofrezca en su perfil longitudinal algunos puntos de inflexión retiene en los puntos altos regulares masas de aire que disminuyen el gasto de agua, y a veces impiden toda circulación en los puntos bajos; de aquí que Belidor, en su *Arquitectura hidráulica*, y muchísimos otros autores, recomienden la colocación de ventosas o robinetes en los puntos altos de las tuberías, tanto para impedir la rotura de los tubos, haciendo evacuar el aire que se opone al movimiento del agua,

como para conseguir un gasto máximo, lo que no podría tener lugar mientras el aire quedase en la tubería. Los efectos de la presencia del aire en las tuberías y las causas de contener aire las conducciones, no les hemos de analizar aquí; basta apuntar el hecho, y, por lo tanto, aunque se coloquen ventosas en los puntos altos, llevar el trazado de la red de tuberías de manera a tener el menor número posible de esos puntos, que pueden considerarse siempre como de cuidado. La línea de carga deberá caer siempre por encima del perfil de la tubería; así, la presión interior será superior a la presión atmosférica

La colocación general de las tuberías en alzado, aparte este detalle de los puntos altos, como es natural, ha de amoldarse al relieve del terreno; y la hacemos, por tanto, disponiendo las tuberías de manera que queden a una profundidad de 0,75 a 1,50 metros, cota suficiente ya para que el agua conducida no experimente los efectos de los cambios exagerados de temperatura del exterior y las zanjas resulten económicas, además de facilitar la vigilancia y atender mejor a la conservación, por acusarse las filtraciones más pronto que cuando la profundidad es grande. Por otro lado, la red de alcantarillas no puede profundizarse mucho, por encontrarse en seguida la capa subterránea de agua, y es lógico que la alcantarilla esté por bajo de la tubería de aguas buenas, no sólo por evitar infiltraciones de las aguas de las alcantarillas en las tuberías de abastecimiento, lo que sería fácil contando con la garantía de una conducción ejecutada con esmero, sino para quedar favorecidos los desagües y que el agua escapada de las tuberías, en averías o reparaciones, pueda tener salida fácil, cosa no tan sencilla disponiendo de alcantarillas y tuberías de aguas en el mismo nivel, o éstas en planos inferiores a los de aquéllas.

Otro principio que han recomendado se tenga presente en toda red de distribución es el apuntado ya, relativo a que la superficie que sirva cada ramal quede limitada por las bisectrices indicadas. No hacía falta indicarlo; de este modo se repar-

te el agua con más uniformidad, y considerada la tubería maestra en conjunto, podría mirarse como una conducción con servicios de ruta, trayecto o recorrido uniforme. A esto no es posible llegar siempre, unas veces por lo intrincado del trazado de la planta de la ciudad, con vueltas y revueltas de mil formas, manzanas de casas muy desiguales en superficie y forma; otras porque de seguir ese criterio al pie de la letra nos encontraríamos con que se multiplicaban los puntos altos, y la red tenía más puntos débiles o de cuidado, que precisamente tratamos de evitar. Lo mejor será seguir un término medio, que la prudencia limitará, no importando que algunos ramales sirvan grandes extensiones de terreno, y otros zonas muy reducidas, si al fin se consigue un régimen uniforme y las tuberías se calculan siempre con algún exceso.

Dada la forma y manera de ser de nuestra ciudad, no cabe otro sistema de red de distribución de tuberías que la conducción principal o maestra de la que parten a un lado y a otro los ramales que, subdividiéndose, llevan el agua a todos los rincones de la población. No es ese el sistema que a nosotros nos satisface más; hubiéramos preferido la *conducción principal de distribución cerrada*, pues que por ella el agua tiene siempre movimiento, sea en una dirección, sea en otra, y el servicio está asegurado constantemente aun en los casos de reparaciones de importancia, a excepción del trozo en que se verifique la reparación; los extremos de éste vienen a ser, en ese caso, los de una conducción maestra; pero en una ciudad como Palencia, que se desarrolla en un sentido, que su calle Mayor principal constituye la vía de más movimiento e importancia, la más poblada, en suma, dicha solución no es aceptable; aun sacrificaríamos algo la economía, y propondríamos el sistema de distribución cerrada, si el trazado de las calles de la ciudad lo consintieran algo; pero por más ensayos y tanteos que hemos hecho no hemos dado con una solución favorable, y el costo de la tubería en distribución cerrada, pues que había de

servir para conducir el agua en sus dos direcciones y la sección, por tanto, grande, era muy excesivo, además de necesitar llaves de grandes dimensiones para aislar los tramos o trozos entre cada dos ramales.

Fundados en estas razones, no tenemos más remedio que proyectar la red, según una línea general, la tubería maestra, de la que parten los distintos ramales, dividiéndose y subdividiéndose hasta anular los gastos.

Esto supuesto, la tubería maestra sigue toda la calle Mayor principal, teniendo su origen en la Puerta de Monzón, y el extremo en el paseo de la carretera de circunvalación, en las afueras del Arco del Mercado, hasta salvar los grupos de casas del barrio de dichas afueras. Esta tubería maestra la subdividimos en trozos, comprendiendo cada uno la longitud libre entre cada dos ramales más inmediatos, ya que, en general, tendrán distinta sección transversal los tubos, y numeramos aquéllos a partir desde el origen. Véase la hoja de planos que describe la red de distribución, en la que dicha tubería está señalada con la letra T, y las hojas que corresponden al perfil longitudinal y perfiles transversales.

Los ramales que parten a la izquierda y derecha de la tubería maestra los llamamos principales, designándoles con las letras mayúsculas del alfabeto, a partir desde el origen de aquella tubería. Los tramos de estos ramales principales van designados con la letra indicatriz del ramal general y los números que señalan el orden de dichos tramos, siempre partiendo del origen; así, el ramal principal que va por la calle de la Virreina se marca con las cifras A 1, desde su origen hasta el primer ramal secundario que toma agua del mismo, o sea hasta la calle del Arco; A 2, el tramo comprendido entre el final de esta calle y la de Manflorido; A 3, entre Manflorido y Hospicio, etc. Los ramales secundarios que reciben agua de los ramales los designamos con la letra mayúscula que indica el principal, seguida de otra minúscula, que tiene, con relación a

dicho ramal principal, la misma significación que la letra mayúscula del principal respecto de la tubería maestra; así, Aa significa el ramal secundario más próximo al origen del ramal principal A, primero de la tubería maestra. Si los ramales secundarios tienen más de un tramo, a las dos letras se agrega el número que le fije el orden dentro del ramal secundario.

Los ramales principales son 16: el A, que sigue la dirección de las calles de la Virreina, Arco, calle y plazuela de Santa Marina, calle Mayor Antigua y bajada de Puente de Puentes; ramales secundarios de este detalle de la red son: el Aa, que sirve la calle de Ramírez; el Ab, plazuela de Carmelitas y calle del Emperador; el Ac, calle de Manflorido; Ad, calle del Hospicio; Ae 1, plazuela de San Pablo; Ae 2, Ae 3 y Ae 4, que corresponden a las calles de los Pastores y Monjas; Af, Mayor Antigua, desde la plazuela de Santa Marina hasta la calle de las Monjas, y Ag, plazuela del Hospital.

El B sirve la calle del Cubo. El C, la de Pedro Espina, plazuela del mismo nombre y calle del Muro. El D, Soldados y Muro. El E, Carnicerías, Cuervo, Ocho, plaza de San Antón, Arbol del Paraíso, hasta el Santo San Pedro, y Mayor Antigua, hasta plazuela del Puente; con los ramales secundarios: Ea, Zapata; Eb, Barrionuevo y Pedro Romero; Ec, Gil de Fuentes, y Ed, Mayor Antigua, desde bajada de Puente de Puentes al Santo San Pedro. El F, San Juan y avenida de Casado del Alisal, con un ramal secundario; Fa, a la calle del Muro. El G lleva la dirección de la calle de San Francisco. El H sirve la bocaplaza y plaza Mayor, por el frente de la Casa Ayuntamiento y costado derecho, con un ramal; Ha, para el lado izquierdo de la plaza y calle del Consistorio.

El ramal principal I tiene como eje las calles de la Cestilla, plazuela de la Compañía, calle de la Escuela y portillo de Doña María; los ramales secundarios son: el Ia, calles de Gil de Fuentes y San Marcos, con otro ramal a la calle de Arbol del Paraíso; el Ib, que corresponde a las calles de Zurradores,

Doctrinos, plazuela de San Miguel (lado de la entrada más usual del templo del mismo nombre) y Mayor Antigua, hasta la calle del Marqués de Albaida y Trompadero; Ic, Parra y plazuela de los Doctrinos; Id, Mayor Antigua, desde la calle de la Escuela a San Miguel.

El ramal principal J corre por las calles de Don Sancho, Burgos y ronda de San Lázaro, con los ramales secundarios siguientes: Ja, Tarasca; Ib, Herreros y Mazorqueros, con otros ramales a las calles Empedrada y San Juan de Dios, con derivaciones para las calles de Valverde y plazuela de Paredes; Jc, Berruguete; Jd, Cura y Barrantes; Je, Estrada. El K sirve a la calle Nueva. El L, calle del Marqués de Albaida. El M, Panaderas y Mancornador. El N, San Bernardo. El O, Perezucos, desde la calle Mayor principal a la bajada de la Orilla del Río, y Mayor Antigua, hasta la calle del Marqués de Albaida. El P, Perezucos, parte derecha, y Corredera, con el ramal secundario Pa para las calles de la Plata y de Rizarzuela (1).

Con esta distribución se extienden las tuberías por toda la ciudad, puede llegar el agua a todas partes; verdad que la red se divide y se subdivide bastante; pero hay que tener presente que en este estudio debemos proponer la extensión del servicio aun a los puntos más retirados y menos importantes; al ejecutarse o realizarse el proyecto se limitarían los ramales secundarios; pero justo es que abarque este trabajo todos los detalles de la red y se proyecte la mayor extensión del abastecimiento; en la práctica se suprimirán los ramales que no sean tan necesarios, dada la pequeña densidad de la población en algunos puntos.

En uno de los planos que se acompañan puede verse con todo detalle el trazado de la red de distribución, y en otros los perfiles longitudinales en toda su extensión, indicándose en la planta la situación de las llaves en buen número de ramales

(1) Véanse las láminas que se insertan a continuación de esta Memoria.

para incomunicar las tuberías o interrumpir el servicio en cualquier momento que una avería grave u otro accidente análogo lo demande; en los puntos altos que corresponden a los extremos de ramales, así como en los de inflexión, bastará la colocación de una boca de riego para expulsar el aire que pudiera acumularse en tales sitios; sin embargo, el uso demostraría la necesidad de las ventosas si no se extendieran las bocas de riego. No se indica en los puntos bajos las llaves de descarga para desaguar las tuberías con facilidad en los casos que conviniera; al tender las tuberías se verá el mejor sitio para colocarlas.

No detallamos más la distribución general de tuberías, pues creemos que suficientemente queda indicada en los planos referidos.

## II

### BASES PARA EL CÁLCULO DE LAS TUBERÍAS.—CANTIDADES DE AGUA A CONDUCIR POR CALLES Y RAMALES

Una de las cosas más impertinentes y de mayores cuidados en una red de tuberías es el cálculo de las secciones. Tiene éste por fin señalar los diámetros necesarios a las tuberías, para que, atendidas las circunstancias de carga, pueda conseguirse el gasto máximo que se pretenda, sin que por eso se den exageradas dimensiones a los tubos, lo que conduciría a un gran costo perfectamente inútil.

Delineada la distribución de tuberías en planta y planta y perfiles, la marcha que hemos de seguir para el cálculo de la red, determinando previamente los gastos de cada tramo de ramal, no es, sin embargo, la que se señala en muchos tratados de hidráulica, solución que se hace determinada añadiendo la condición de costo mínimo; seguiremos el procedimiento más práctico de empezar los cálculos por el punto de origen de la red, suponiendo una carga en dicho punto suficiente a elevar

el agua a las habitaciones de los pisos más altos; en el extremo se subdividirá el gasto en los de los varios ramales que concurren en un punto, y atendiendo a que en los orígenes de los ramales se tendrá la misma carga, se calculan los tramos inferiores aisladamente subdividiendo los gastos, según los de los tramos que partan de un extremo; siguiendo así en todos los tramos de aguas abajo, y cuidando siempre que la carga tenga, por lo menos, la altura prefijada; si no fuera así habría que volver otra vez, aumentando los diámetros, a repetir los cálculos, con objeto de que las pérdidas de carga fueran menores.

Para hacer más sencillos los cálculos no tendremos en cuenta las pérdidas de carga debidas a los cambios de sección, a las bifurcaciones, a los codos, a las llaves; no tendremos en consideración más que la pérdida de carga debida a los rozamientos; pero para estar a cubierto de aquellas otras pérdidas de carga, supondremos aumentada teóricamente la longitud de las tuberías, y aun los diámetros que resulten sufrirán otro definitivo aumento prudencial, tanto por esas circunstancias como para prever los efectos de las incrustaciones que algunas veces se forman en el interior de los tubos, que, además de reducir su sección, tienden a hacer mayor el rozamiento. No perderemos de vista en estos cálculos la pequeña influencia que la carga ejerce sobre el gasto de una tubería, pues éste varía como la raíz cuadrada de la carga, y la grande, que experimenta el gasto por el diámetro, pues crece como la potencia  $\frac{5}{2}$  del diámetro; circunstancias son estas muy favorables, pues mientras se aumenta algo el diámetro, lo que lleva poco coste, porque el precio de las tuberías es sensiblemente proporcional al radio, se economiza carga, que suele ser casi siempre el punto más delicado de las distribuciones.

La velocidad del agua en las tuberías no deja de influir en su conservación; las grandes velocidades engendran una gran fuerza viva, dando lugar a choques violentos y a golpes de ariete que ocasionan averías de importancia, aumentándose los

peligros en los codos donde la fuerza centrífuga desarrollada tiende a deformar la conducción y producir grandes fugas de agua, a poco que abran las juntas de los tubos. Convendrá, pues, calcular los tubos de modo que la velocidad media en servicio ordinario oscile alrededor de un metro por segundo.

Estas son condiciones técnicas generales que pueden convenir en todos los casos. Veamos ahora las prácticas y propias para nuestro proyecto, o las bases del cálculo de tuberías.

Contamos, según ya hemos indicado antes, con una carga de 30 metros sobre la puerta de Monzón, y nos falta determinar el gasto por tramos.

Respecto del primer particular poco hemos de añadir; las casas más altas de Palencia tienen cuatro alturas, incluyendo la planta baja, y no nos quedamos cortos al fijar en 15 metros la altura útil a que podrá elevarse el agua en las casas, contando sobre el suelo de la calle; pero como las instalaciones particulares consumen mucha carga por lo reducidos que son los diámetros, lo que aumenta considerablemente los rozamientos, supondremos una carga necesaria para elevar el agua a 20 metros sobre las calles principales, y a 15 en las restantes, como mínimo, alturas teóricas sólo aprovechables para los cálculos.

La distribución de gastos por tramos de tubería la hacemos sobre la base de la población actual de 15.000 habitantes y a razón de 230 litros diarios por persona. Pero aquí se ocurre una cuestión que no deja de influir mucho en los diámetros de los tubos: una dotación de agua, ¿cómo puede repartirse en las veinticuatro horas? Desde luego, el consumo no se hace con uniformidad, y bueno es tener en cuenta, como ya indicamos en el capítulo I, que el consumo horario máximo no excede en una mitad al consumo horario medio. Al determinar la cantidad de agua necesaria para el abastecimiento, se dedujo que 230 litros diarios por persona correspondían al máximo de los

máximos del consumo diario; luego aplicando los resultados de las observaciones que anotamos en el referido capítulo, las tuberías deberán poder conducir  $\frac{230}{24} \times (1 + 0,50) = 14,385$  litros por hora para cada habitante, o sea 0,003993 litros por segundo, que elevaremos a 0,005 litros para estar más a cubierto de los gastos mayores, y mirando también al porvenir, pues aun en el caso de que la ciudad aumentara considerablemente de población, las tuberías podrían servirla perfectamente: lo único que habría que variar sería la dotación, reforzando oportunamente la alimentación de los depósitos.

Suponiendo, pues, un gasto de cinco milésimas de litro por habitante al segundo, hemos calculado por calles y tramos de ramales el gasto consumido en cada trayecto o tramo, el gasto en el extremo y en el origen, sumando los que concurren en cada punto para ir agregándolos a los de aguas arriba. Así, con todo detalle se expresa en el estado siguiente, en el que aparece invertido el orden de los tramos para que con facilidad pueda seguirse la marcha del trabajo; conviene advertir que en los tramos que sirven a edificios de gran número de habitantes se baja a 0 003 litros el gasto por persona y segundo, pues que en las grandes aglomeraciones de personas el consumo baja bastante del tipo ordinario. Se hacen las oportunas indicaciones siempre que deja de aplicarse el tipo deducido de 0,005 litros por persona al segundo.

## ESTADO DE GASTOS DE AGUA EN LOS RAMALES O TRAMOS DE TUBERIAS (1)

Ramales	CALLE DE LOS RAMALES	CALLE SERVIDAS SIN RAMAL Y GASTOS DE LOS RAMALES EN EL ORIGEN	Número de ha- bitantes en el trayecto.....	GASTOS DEL RAMAL: L. AL 1°			OBSERVACIONES
				En el extremo	En el trayecto	En el origen	
T 11	Extramuros del mercado.....	Cárcel nueva.....	372	0,360	1,860	2,220	El gasto del extremo se destina a la cárcel, 120 horas a 0,003 litros.
P a.	Plata (del núm. 5 a Corredera, y del 2 al 16, 71 habitantes) y Rizarzuela (347).....	Corral de Matorras (20 habitantes).....	438	»	2,190	2,190	
P 2.	Corredera (del 21 al final, 215)..	Corral del Candil (5), afueras (84).....	304	»	1,520	1,520	
P 1.	Perezucos (del 1 al 3, 40) y Co- rredera (del 1 al 19, 85).....	Corral de Ros (22) .. P 2.. 1,520 { P a.. 2,190 { 3,710 l..	147	3,710	0,735	4,445	
O...	Perezucos (del 4 al 6, 46) y Ma- yor Antigua (de Marqués de Albaida a final: del 127 al final, 154, y del 162 al 180, 99) ....	Corrales de Pinta (42) y Barrio Medina (16).	357	»	1,785	1,785	
T 10	Mayor Principal (de San Bernar- do a Arco de Mercado: del 175 al final, 254, y del 206 al fi- nal, 212).....	Nieto (5)..... T 11. 2,220 { O... 1,785 { 8,450... P 1.. 4,445 }	471	8,450	2,355	10,805	
N..	San Bernardo.....	»	70	»	0,350	0,350	
M..	Panaderas (182) y Mancorna- dor (181).....	Corrales de Calvo (37) y de San Jacinto (20).	420	»	2,100	2,100	

(1) Tratándose solamente de un ejemplo, se copia nada más que una parte del estado.

## III

CÁLCULO DE LAS SECCIONES Y ESTADO DEFINITIVO  
DE TUBERIAS (1)

Según acabamos de ver en el cuadro anterior, tenemos que tratar tres clases de tuberías: unas, cuyo gasto en el extremo es el mismo que en el origen: éstas son las menos; otras, que son casi todas las que corresponden a los tramos extremos, que gastan el agua en el trayecto, es decir, que van dejando agua a lo largo de su recorrido para llegar al extremo con un gasto nulo; y otras, que son las que constituyen la mayoría, que consumen agua durante el trayecto o recorrido de la tubería y tienen gasto en el extremo, que es el que alimenta otros ramales de aguas abajo.

Las tuberías que corresponden al primer grupo son las más fáciles de calcular; son el caso de la conducción más sencilla: gasto en el extremo y diámetro constante.

Entre las variadas fórmulas que conocemos, la de Prony, la de Barré de Saint-Venant, la monomía de Dupuit, la de Darcy, la de Lévy, para los tubos en servicio; la de Weisbach, aplicable a los tubos nuevos y lisos; la de Flamant, para tubos de largo tiempo en servicio; la de Kutter y Ganguillet, elegimos y aplicaremos la de Darcy, por ser la que, comparada con las demás para el mismo diámetro, el mismo gasto y la misma velocidad, exige mayor carga, y, por tanto, con los mismos datos de carga y gasto deduce diámetros mayores que ninguna otra. Por tanto, haremos uso de la conocida fórmula

$$rj = b_1 u^2; \quad [1]$$

(1) A los que tengan que resolver los diversos problemas relacionados con el cálculo de tuberías les será de mucha utilidad, para efectuar cómoda y rápidamente los cálculos, consultar las páginas 277 a 311 del tomo I de la obra *Formules, tables et renseignements usuels*, par J. Claudel. Segunda edición. París. H. Dunond (47, Quai des Grands Augustins).

y como el gasto es el producto de la sección por la velocidad media, tendremos la segunda ecuación

$$\mu r^2 u = Q \quad [2]$$

para resolver los problemas, entendiéndolo que representamos por

$r$ , el radio de la tubería expresado en metros;

$j$ , la carga por metro de recorrido, también en metros;

$u$ , la velocidad media, en metros;

$Q$ , el gasto expresado en metros cúbicos, y

$b_1$ , el coeficiente de resistencia o rozamiento de los tubos, que varía para cada radio o diámetro del tubo, y que ya es frecuente hacerle doble para los tubos viejos o en servicio en algún tiempo que el correspondiente a los tubos nuevos y lisos.

Nosotros aplicaremos también el coeficiente  $b_1$ , doble que el que da la tabla de Darcy para cada radio, pues entendemos que toda tubería, al cabo de algún tiempo, ofrecerá en su interior asperezas a que dan lugar los depósitos formados en las paredes de los tubos.

Como en cada caso conocemos la carga, pues hemos supuesto que ha de ser la necesaria para que el agua se eleve sobre el suelo de la calle de 15 a 20 metros, según los casos y el gasto, eliminando entre las ecuaciones [1] y [2] la velocidad  $u$ , se halla despejando

$$r^5 = \frac{b_1 Q^2}{\mu^2 j} \quad [3]$$

ecuación de quinto grado en  $r$ , que se resolvería con facilidad por medio de los logaritmos si se conociera  $b_1$ . Este coeficiente depende de  $r$ ; es decir, tiene un valor particular para cada valor del radio, y tendremos que operar por tanteos dando un valor a  $b_1$  y deducir el de  $r$ ; comprobando en la tabla de coeficientes de Darcy el correspondiente a este valor de  $r$ , veremos si se aproxima bastante al supuesto de  $b_1$ ; si aun no fuera la

aproximación grande, se aplica éste hallado para  $r$ , que dará una aproximación mayor del radio.

Este caso es el mas sencillo de resolver, y no indicamos más detalles sobre el cálculo, que, además de ser muy conocidos, huelgan aquí.

Hemos dicho que se tenían que calcular también tuberías que consumían o gastaban en todo el recorrido, trayecto o ruta el gasto en el origen, y al llegar al extremo el gasto se había anulado; esto en la práctica realmente no existe, pues siempre se termina la tubería de modo que dé gasto en el extremo, por pequeño que sea; pero eso no importa para el cálculo.

La manera cómo se va gastando agua a medida que se aproxima al extremo una sección cualquiera que se considere, es difícilísima de explicar, y en ningún caso tiene expresión algebraica posible, pues a partir del origen, el agua absorbida en el trayecto se reparte irregularmente y sin regla fija, ya en gastos, ya en distancias a partir del origen o extremo; pero para hacer los cálculos con alguna base, o aproximación, se supone que este servicio en el trayecto es uniforme; es decir, que en cada metro de recorrido queda absorbido el mismo volumen de agua. En rigor, podría considerarse una tubería como la de referencia lo mismo que una tubería maestra que en puntos determinados de su longitud alimenta los ramales principales de distribución: aquí las acometidas de instalaciones particulares; pero esto es sumamente engorroso y pesado, además de no ser nada práctico. Lo corriente, como decimos, es calcular la tubería como una conducción simple con servicio de ruta uniforme, y aun se agrega el particular de que el diámetro sea constante, pues las reducciones de diámetro en las tuberías se dejan para las bifurcaciones o para tramos de mucha longitud, que se dividen en otros dos o tres de distintos diámetros, por las vulgares reducciones llamadas tubos cónicos.

Esto supuesto, si llamamos  $q$  el volumen constante de agua

consumido en la unidad de longitud  $l$  y  $Q'$  es el gasto total en el origen, será

$$Q' = q \cdot l \quad \text{y} \quad q = \frac{Q'}{l};$$

y a medida que consideremos secciones que vayan separándose del origen, el gasto  $q \cdot l$  y la velocidad irán disminuyendo hasta anularse al llegar al extremo. En general, siendo  $s$  una longitud cualquiera, contada a partir del extremo de la tubería, que puede variar, por tanto, desde  $0$  a  $l$ , el gasto en la sección a la distancia  $s$  del extremo será  $q \cdot s$ , y variará de  $0$  a  $q \cdot l$ .

La fórmula general del movimiento variado en los tubos es

$$dy = \frac{u du}{g} + \frac{b_1 u^2}{r} ds,$$

siendo  $y$  la carga, el primer término del segundo miembro la altura debida a la velocidad en el origen de la conducción, que por ser muy pequeña con relación a las pérdidas de carga debidas a los rozamientos, expresadas por el segundo término, se desprecia en los cálculos, con lo que se simplifican bastante; la velocidad  $u$ , en una sección cualquiera a la distancia  $s$  del origen, es  $\frac{qs}{\mu r^2}$ ; luego

$$dy = \frac{b_1 q^2}{\mu^2 r^5} s^2 ds,$$

que integrado entre los límites  $0$  y  $l$

$$y = \frac{b_1 q^2}{\mu^2 r^5} \int_0^l s^2 ds$$

da el valor de la carga total, que haciendo abstracción del signo, es

$$y = \frac{b_1 q^2}{\mu^2 r^5} \cdot \frac{l^3}{3}, \quad \text{y como} \quad q = \frac{Q'}{l},$$

$$y = \frac{b_1 Q'^2}{\mu^2 r^5} \cdot \frac{l}{3}. \quad [4]$$

fórmula que nos hará resolver los problemas que de estos ejemplos ocurran.

Por último, hemos dicho que se presentan en mayoría tuberías que gastan en el extremo, primer caso, y durante su recorrido, segundo caso; por consiguiente, el servicio es mixto, y por idénticas razones que antes, se supone también el diámetro constante.

Supongamos las mismas notaciones que antes: como el gasto  $Q$  en el extremo es común a todas las secciones que se consideren, el gasto en general en una sección cualquiera a la distancia  $s$  del extremo será

$$Q + qs, \quad \text{o bien} \quad Q + \frac{Q'}{l} \cdot s,$$

y, por consecuencia, la velocidad

$$u = \frac{Q + \frac{Q'}{l} \cdot s}{\mu r^2}.$$

Substituyendo este valor de  $u$  en la ecuación diferencial ya indicada, del movimiento variado, despreciando el primer término del segundo miembro, como antes, e integrando entre los mismos límites  $o$  y  $l$ ,

$$y = \frac{b_1}{\mu^2 r^5} \int_l^o \left( Q + \frac{Q' \cdot s}{l} \right)^2 \cdot ds = \frac{b_1 l}{\mu^2 r^5} \left( Q^2 + QQ' + \frac{Q'^2}{3} \right) \quad [A]$$

Esta fórmula del valor de la carga  $y$ , carga que, como es sabido, es la diferencia de los niveles piezométricos del origen y del extremo, no resulta nada cómoda en la práctica; para eso busquemos una conducción equivalente; es decir, una tubería simple de gasto en el extremo, que, con la misma carga, dé el mismo gasto.

Supongamos que el gasto en el extremo de esta tubería sea  $Q_1$ ; la fórmula [3] da

$$j = \frac{b_1 Q_1^2}{\mu^2 r_5^5};$$

y siendo  $j$  la carga por metro de recorrido de la tubería, multiplicando ambos miembros por  $l$ , el producto  $j \cdot l$  será la carga total; luego

$$v = \frac{b_1 \cdot l}{\mu^2 r^5} \cdot Q_1^2. \quad [B]$$

Comparando las ecuaciones [A] y [B] se deduce

$$Q_1^2 = Q^2 + QQ' + \frac{Q'^2}{3};$$

y teniendo en cuenta que

$$\frac{Q'^2}{3} > \frac{Q'^2}{4} \quad \text{y} \quad Q^2 + QQ' + \frac{Q'^2}{4} = \left(Q + \frac{1}{2} Q'\right)^2$$

será

$$Q_1 > Q + \frac{1}{2} Q';$$

y considerando que

$$\frac{Q'}{\sqrt{3}} > \frac{Q'}{2} \quad \text{será} \quad Q_1 < Q + \frac{Q'}{\sqrt{3}};$$

luego  $Q_1$  está comprendido entre

$$Q + 0,50 Q' \quad \text{y} \quad Q + 0,57 Q';$$

en la práctica puede suponerse con bastante aproximación, aunque con algo de exceso,

$$Q_1 = Q + 0,55 Q.$$

Por tanto, la fórmula [A] del servicio mixto puede reducirse a la [B] haciendo el gasto en el extremo igual al que realmente tiene aumentado del 0,55 del servicio total del trayecto.

Según, pues, los casos, calculamos las tuberías por unas u otras fórmulas, y los resultados de labor tan prolija los exponemos en el estado siguiente, en el que se expresa también la longitud  $L'$ , algo superior a la verdadera,  $L$ , de cada tramo, para atender a las pérdidas de carga, debidas a las bifurcaciones, cambios de dirección, llaves, etc., y demás causas que tienden a reducir la carga, que, como ya dijimos antes, no calculamos con detalle, por influir poco en relación a la pérdida de carga por los rozamientos.

## ESTADO DEL CALCULO DE LAS TUBERIAS (1)

Ramales	GASTOS AL SEGUNDO EN METROS CÚBICOS					LONGITUD		Carga calculada en el origen, referida a la plaza de León	Pérdida de la carga entre el origen y el extremo	ALTURA DE AGUA SOBRE LA CALLE		Dímetro $D$ cm.
	En el origen	En el trayecto $Q'$	En el extremo $Q$	Equivalente al servicio mixto $Q_1 - Q + 0,550$	Real $L$	Para el cálculo $L'$	En el origen			En el extremo		
											Metros	
T 0...	0,076622		0,076622		1,651,13	1,850	»	5,770	»	24,30	46	
T 1...	0,064290	0,000260	0,064030	0,064173	67,85	70	24,230	0,308	24,230	24,132	40	
T 2...	0,062905	0,000865	0,062040	0,062515	79,95	80	23,922	0,265	24,132	23,805	40	
T 3...	0,059995	0,000790	0,059205	0,059639	81,55	82	23,657	0,312	23,805	23,593	40	
T 4...	0,047505	0,000740	0,046765	0,047172	51,95	52	23,345	0,124	23,593	23,525	40	
T 5...	0,046430	0,000975	0,045455	0,045991	105,20	107	23,222	0,242	23,525	23,891	40	
T 6...	0,043520	0,001015	0,042505	0,043063	77,77	80	22,980	0,158	23,891	24,045	40	
T 7...	0,018020	0,001370	0,016650	0,017403	126,63	130	22,822	0,370	24,045	24,045	26	
T 8...	0,016425	0,000720	0,015705	0,016101	41,57	43	22,452	0,106	24,045	23,917	26	
T 9...	0,014830	0,001575	0,013255	0,014121	101,14	105	22,346	0,200	23,917	22,525	26	
T 10...	0,010805	0,002355	0,008450	0,009745	385,70	380	22,146	2,309	22,525	21,892	18	
T 11...	0,002220	0,001860	0,000360	0,001383	187,70	200	19,837	1,591	21,892	20,701	8	
A 1...	0,011257	0,001085	0,011172	0,011768	214,86	217	24,230	1,873	24,230	20,195	18	
A 2...	0,009882	0,000080	0,009802	0,009846	67,00	70	22,357	0,535	20,195	18,861	16	
A 3...	0,009387	0,000390	0,008997	0,009211	46,20	47	21,712	0,126	18,861	18,872	16	
A 4...	0,00892	0,000150	0,008142	0,008224	53,56	55	21,286	0,398	18,872	18,822	16	
A 5...	0,004120	0,001515	0,002605	0,002438	190,35	195	20,888	1,159	18,822	18,351	12	
A 6...	0,002195	0,000885	0,001310	0,001796	148,70	152	19,729	0,636	18,351	16,605	10	
A 7...	0,000720	0,000360	0,000360	0,000558	80,20	81	19,093	0,485	16,605	18,968	6	

(1) Tratándose solamente de un ejemplo, sólo se inserta una parte del estado indicado.

Algunos de estos diámetros no les adoptamos como definitivos, pues para sujetarnos a los diámetros que dan las cargas, estableceremos la escala de 6, 8, 10, 12,50, 15, 16, 18, 27,50, 40 y 46 centímetros, tomando el inmediato superior para diámetro definitivo de aquel que no esté en esta escala.

No formamos estados de alineaciones y rasantes para cada ramal por el gran número de éstos y la pesadez de trabajo tan prolijo, mucho más cuando en los planos se detallan el trazado general y particular de cada tramo; sólo haremos aquí un resumen de tuberías, advirtiendo que no entran más que las que constituyen la red de distribución, separando, por tanto, las tuberías de impulsión y de conducción a la ciudad, y bien entendido que en estos resúmenes conceptuamos las tuberías medidas de eje a eje, y sin descontar la longitud correspondiente a las llaves y piezas especiales.

#### Resumen de tuberías de la ciudad

Número de metros de tubería de 40,00 cm. de diámetro:	464,27
— — — 27,50 —	269,64
— — — 18,00 —	803,06
— — — 16,00 —	251,26
— — — 15,00 —	243,55
— — — 12,50 —	778,90
— — — 10,00 —	1.28,50
— — — 8,00 —	1.313,55
— — — 6,00 —	6.011,33
<b>TOTAL DE METROS DE TUBERÍA EN LA CIUDAD...</b>	<b>11.417,06</b>

#### IV

#### MATERIALES QUE HABRÁN DE EMPLEARSE EN LA CANALIZACIÓN

Está fuera de duda que la forma circular en los tubos es la única; un constructor de Manchester ha propuesto la construcción de los tubos de sección elíptica; pero en la práctica, aparte las dificultades de fabricación, no pueden dar resultado algu-

no bueno; la sección circular, por de pronto, es la que en igualdad de superficie o área tiene menos perímetro; los rozamientos, por consecuencia, serán menores que en ninguna otra sección en la circular, y este es un dato importantísimo que en toda distribución exige grandes cuidados.

Lo único que podemos discutir es la elección del material que haya de emplearse en la distribución, no la forma de la sección transversal.

Separando los tubos de madera, que han sido empleados en diversas épocas y varios países, como en Londres, donde la canalización en madera alcanzaba una longitud de más de 400 millas, y en Detroit (Estados Unidos), donde había hasta hace poco tiempo 130 millas de tubos de madera, y los de plomo, tan usados por los romanos, por no poder fabricarse en grandes diámetros y ser aplastados, en cambio, por el peso de las tierras, la industria ofrece hoy, para las conducciones de agua, los tubos de alfarería y tierra cocida, los de cemento, los de hierro o acero, los de cemento armado y los de fundición, principalmente.

Los tubos de tierra cocida están llamados a llenar una gran misión; pero es en los servicios de desagüe o saneamiento de la habitación donde tienen su destino propio. En general, no convienen para los conductos de distribución ni para las conducciones forzadas, no porque no resistan a grandes presiones (aquí mismo, en Palencia, se han probado tubos de gres que han resistido más de 20 atmósferas de presión sin señal de rotura), sino por la dificultad de obtener con estos tubos una unión perfecta que no deje paso al agua. El punto débil de estas tuberías está en las uniones; nunca se logra una unión o adherencia íntima entre el cemento, aunque se le comprima, y el material de tierra o barro cocido, y resulta que, a la corta o a la larga, las uniones dejan perder mucha agua, causa de que algunas conducciones de este género se hayan substituído por otro material.

25 Los tubos de cemento tienen gran importancia; pero su uso propio está indicado también para el alcantarillado o para conducciones en que el agua está sometida a muy baja presión, y eso con la condición de que las juntas se hagan con todo esmero. Se ha observado en muchos tubos de cemento regulares aplastamientos o dislocaciones que terminan por hacer fisuras, ya en sentido longitudinal o transversal, que alteran la buena condición que debe reunir todo tubo en una distribución; pero un inconveniente notado con más frecuencia es la permeabilidad de los tubos de cemento; cuando el mortero de cemento no es de primera calidad, o ha sido poco comprimido, la masa del material, al cabo de algún tiempo, se vuelve porosa, y, sometida a una regular presión, deja paso al agua, por lo que la pérdida de ésta se hace considerable. Esto no importa para que los cementos rápidos hayan dado algunos resultados excelentes en varios casos; el sistema será siempre mirado con algo de prevención.

Los tubos de chapa de hierro o de acero no son de un uso corriente en las distribuciones de agua; tenemos, sin embargo, algunas conducciones hechas en España con material de esta clase. Para pequeños diámetros son muy ventajosos, pero están más expuestos a la oxidación que los tubos de fundición, a los que pretenden substituir, pues no es raro pierdan o se altere la capa de betún que les preserva exteriormente de la oxidación. Un tipo de esta clase de tubos es el tubo Chameroy. Estos tubos se forman con chapas de palastro, moldeadas al diámetro correspondiente, remachadas y soldadas según una generatriz del cilindro; van revestidos interiormente de una capa de barniz o betún mineral y cera de uno a dos milímetros de espesor, y exteriormente llevan también otro revestimiento de betún de uno a dos centímetros de grueso, facilitándose la adherencia del asfalto y la chapa por medio de una cuerda de cañamo, que se enrolla en ésta. La junta más generalmente usada en estas tuberías, que es un enchufe preciso—para el



que se hacen unas pequeñas ranuras en el macho, en las cuales se enrollan algunas hebras de cáñamo, lográndose el ajuste por medio de una palanca—, es una junta muy rígida, y las tuberías llevan también el inconveniente de que las tomas de agua para las instalaciones particulares se hacen muy difícilmente, colocada ya la tubería, por lo que antes hay que pegar a los tubos las tubuluras necesarias, que mientras no se empalme en ellas ramal alguno quedan cerradas con tapón de rosca.

Las tuberías de cemento armado o siderocemento, material que empieza a tomar ahora algunos vuelos, convienen muy bien para grandes diámetros, y en este sentido se han hecho aplicaciones importantes, que han dado resultados muy satisfactorios.

Los tubos de fundición son el mejor material para toda clase de distribuciones de agua con alguna presión; la fundición se moldea fácilmente y es susceptible de adquirir todas las formas que se deseen; su resistencia es muy grande; su duración casi ilimitada, pues el agua la ataca pocas veces; las juntas son fáciles de ejecutar, y practicadas con esmero, pueden llegar a ser perfectamente impermeables. Este es el material que nosotros proponemos en nuestro proyecto.

Las juntas que se han ideado para unir los tubos de fundición son muy numerosas: las juntas forzadas, usadas mucho en Inglaterra, que se logran torcando los extremos de los tubos, dándoles una forma ligeramente cónica, entrando uno en la cabeza de otro golpeando con un mazo el tubo que se enchufa; la junta esférica de mucha precisión y mucha flexibilidad; las juntas de caucho, entre las que se cuentan la junta Marini y la Delperdange, muy recomendables, pero costosas; la junta universal Gibault, la Lavril, la Somzée y algunas más, tienen sus ventajas y sus inconvenientes; pero las juntas sancionadas por la práctica, los sistemas más extendidos son las juntas de enchufe y cordón, las de bridas y las obtenidas por manguitos o

sortijas, que no hemos de detallar aquí, por ser muy conocidas y estar bien detalladas en el pliego de condiciones facultativas. La junta más general será la de enchufe y cordón: es la más flexible; la de bridas la dejamos para las uniones de piezas especiales que pueden ser fácilmente renovadas; la de manguitos se empleará solamente en los casos en que haya que partir los tubos para adaptarlos a dimensiones fijas.

Las piezas de tubería fabricadas de fundición no deben quedar desnudas de toda capa protectora; el óxido las atacaría y formaría incrustaciones en contacto de las tierras de la zanja, que tenderían a la descomposición del material. Este inconveniente se evita revistiendo la fundición de un barniz hidrófugo, por un alquitranado o asfaltado obtenido introduciendo las piezas en un baño caliente de ese material, de modo que se recubran las superficies de dichas piezas.

En las tuberías es muy conveniente calcular el espesor normal, no tan sólo para estar seguros de la resistencia de los tubos, sino también para no dar gruesos exagerados, que aumentan el peso de las piezas y, por tanto, su precio.

Este espesor se calcula por medio de fórmulas empíricas, por las cuales se admite que la resistencia de la fundición a la rotura por tracción es de 12 a 14 millones de kilogramos por metro cuadrado; si tomamos la menor de estas dos cifras y hacemos que el coeficiente de seguridad no exceda de la cuarta parte de la carga de ruptura, se podrá usar la fórmula

$$e = 0,00016DH,$$

en la cual  $e$ , el espesor de los tubos, viene dado en función del diámetro  $D$ , y de la presión hidrostática  $H$  expresada en metros. Pero al valor así obtenido para  $e$  será preciso agregarle una cierta constante, a fin de tener en cuenta los efectos dinámicos a los cuales la conducción estará expuesta; se puede, por tanto, establecer como fórmula más completa

$$e = K + 0,00016DH.$$

Aun para mayor seguridad se suele dar a  $H$  un valor superior a la presión real, y se le aumenta en 10 a 20 metros.

D'Aubuisson hacía uso de la fórmula

$$e = 0,010 + 0,015 D$$

para presiones moderadas; Genieys da esta otra:

$$e = 0,010 + 0,007 D;$$

según G. Bechmann, en su tratado sobre la *Distributions d'eau*, la mayor parte de las tuberías de París tienen espesores que corresponden a la fórmula

$$e = 0,008 + 0,016 D,$$

estando ensayadas a 15 atmósferas; según A. Debauve, en su reciente obra sobre *Distributions d'eau Egouts*,

$$e = 0,008 + 0,0016 n D$$

es la fórmula que se aplica en París, en la que  $n$ , que es la presión normal expresada en atmósferas, se hace también igual a 15.

Cualquiera de estas fórmulas puede aplicarse al cálculo del espesor normal de los tubos.

Los detalles de todas clases de los tubos los hemos dibujado en una de las láminas, donde, además de verse los tubos ordinarios de enchufe y cordón, están todas las piezas especiales que pueden emplearse en la conducción, como piezas con ramales laterales, reducciones, cruces, manguitos de piezas y de una sola pieza, ventosas, etc. No se ha dibujado más que un tipo de cada clase, pues no habría más que variar la escala para tener los correspondientes a los distintos diámetros de tuberías.

Algunos datos de los tubos rectos los exponemos a continuación:

## Tubos de enchufe y cordón

Diámetro interior del tubo $D$ .....	cm.	6	8	10	12,50	15	16	18	27,50	40	46
Diámetro interior del enchufe $D^2$ ...	mm.	93	116	136	162	190	201	222	325	453	516
Longitud interior del enchufe $t$ ....	mm.	80	84	88	91	94	100	110	110	110	110
Longitud útil del tubo.....	m.	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4
Peso de un tubo...	kgs.	30	60	75	96	120	132	159	270	560	680
Peso por metro útil de tubo.....	kgs.	15	20	25	32	40	44	53	90	140	170

## Tubos de brida

Diámetro interior del tubo $D$ .....	cm.	6	8	10	12,50	15	16	18	27,50	40	46
Diámetro exterior de la brida $D'$ ..	mm.	175	200	230	260	290	308	330	440	582	632
Diámetro del centro del círculo de los agujeros $D''$ .	mm.	135	160	180	210	240	255	280	380	520	570
Diámetro de los tornillos.....	mm.	15,5	15,5	19	19	19	22	22	22	23	23
Número de los tornillos.....	piezas	4	4	4	4	6	6	6	8	10	10
Diámetro de los agujeros para los tornillos....	mm.	17	17	21	21	21	24	24	24	25	25

La longitud de los tubos, igual que la de enchufe y cordón; los pesos por tubo y por metro lineal, un poco más elevados que los de enchufe.

Un accesorio muy importante en las distribuciones de agua está constituido por el juego de llaves de paso que incomunican las tuberías; hemos dibujado dos modelos de llaves que servirán de tipo, según los diámetros de tuberías; las correderas o compuertas, los casquillos, los husillos, las tuercas donde éstos se introducen, en general, todas las piezas que experimentan roces son de bronce, de la composición que se indica en el pliego de condiciones facultativas; el resto es de fundi-

ción. En los dibujos quedan bien definidas sus formas, y no las detallamos más aquí.

Estas llaves irán encerradas en arquetas de fábrica de ladrillo de una asta de espesor, con una corona de sillarejo sobre la que apoya la losa de tapa donde va colocado el cierre. Los modelos de las tres arquetas que se proponen, según los diámetros de las llaves de paso y los detalles de los cierres, están dibujados también, y nos relevan de toda prolija descripción.

Por último, debemos indicar cómo deben hacerse las tomas de agua en las tuberías generales para servir las instalaciones particulares. Llamamos así el conjunto de tuberías que, arrancando de las generales de la distribución, conducen el agua a las casas, a las bocas de riego y, en general, a todos aquellos puntos en que ya se hace especial el uso del agua.

La toma se hará en la tubería de la distribución, practicando en el tubo un taladro de sección circular, del diámetro correspondiente al de la instalación particular, y se adaptará sobre aquel tubo, rodeándole por completo una sortija con el hueco conveniente y roscado, para enchufar en él la tubería particular, sujetando la llanta que forma la sortija por medio de tornillos que la compriman contra el tubo, no sin que en el intermedio se coloque una buena tira de cuero engrasado y se revistan las juntas con mastic, a fin de evitar las fugas de aguas.

En la tubería de instalación particular se colocará en la calle llave de paso, a excepción de las correspondientes a las bocas de riego, que no llevarán aparato interceptor alguno; y detrás de aquélla se hará la distribución en la casa, colocando inmediatamente después de su paso el contador o llave de aforo, si hubiera necesidad de este aparato.

No detallamos una instalación particular, porque, además de ser sencilla, se completa con el desagüe; pero sí hemos de advertir que los robinetes y grifos de las tuberías deben, ade-

más de ser de cierre automático, para evitar despilfarro inútil de agua, ser de movimiento lento, con objeto de prever los golpes de ariete que se verifican por las maniobras rápidas de las llaves y que tienden a destruir la canalización. Al poner en explotación la distribución, se estudiaría una reglamentación especial que abarcara y comprendiera disposiciones convenientes, para evitar perjudiciales maniobras o usos de mala fe en el empleo del agua.

Las bocas de riego que acometen hoy en la tubería general del actual abastecimiento se harían acometer en la del proyecto, según fuera ejecutándose el tendido de tuberías en las calles, sin más obras que las necesarias, hasta poder verificar los empalmes.

Ninguna de estas obras particulares va incluida en la distribución; ésta llevará el agua a casi todas las calles; pero los accesorios de las tomas especiales, ya para destinar el agua a un servicio público o privado, serán de cuenta del Ayuntamiento o de los propietarios de las casas; no es posible en una distribución tener en cuenta detalles tan nimios y tan pequeños.

más de ser de cierre automático para evitar desfiladero inútil de agua, ser de movimiento lento, con objeto de prevenir los golpes de ariete; que se verifiquen por las manijas rígidas de las llaves y que tiendan a destruir la canalización. Al poner en explotación la distribución se estudiarán las disposiciones convenientes para evitar perjudiciales manijas o usos de mala fe en el empleo del agua.

Las bocas de riego que acometen hoy en la tubería general del actual abastecimiento se harán acometer en la del proyecto, según facta ejecutándose el tendido de tuberías en las calles, sin más optas que las necesarias hasta poder verificar

los empalmes. Ninguna de estas obras particulares va incluida en la distribución; ésta llevará el agua a casi todas las calles; pero los accesorios de las tomas especiales ya para destinar el agua a un servicio público o privado, serán de cuenta del Ayuntamiento o de los propietarios de las casas; no es posible en una distribución tener en cuenta detalles tan nimios y tan

pequeños. Además, en los puntos de consumo y de consumo de agua, se deberá tener en cuenta el estado de las tuberías, las bocas, las llaves, etc., para evitar el desperdicio de agua y el peligro de contaminación de las aguas potables.

En el caso de que se deseara tener en cuenta el estado de las tuberías, las bocas, las llaves, etc., para evitar el desperdicio de agua y el peligro de contaminación de las aguas potables, se debería tener en cuenta el estado de las tuberías, las bocas, las llaves, etc., para evitar el desperdicio de agua y el peligro de contaminación de las aguas potables.

En el caso de que se deseara tener en cuenta el estado de las tuberías, las bocas, las llaves, etc., para evitar el desperdicio de agua y el peligro de contaminación de las aguas potables, se debería tener en cuenta el estado de las tuberías, las bocas, las llaves, etc., para evitar el desperdicio de agua y el peligro de contaminación de las aguas potables.



## PARTE ADMINISTRATIVA DEL PROYECTO

### 1 FORMA DE PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

Teniendo en cuenta que las obras objeto de este proyecto pudieran ser ejecutadas por el Ayuntamiento por medio de contrata, hemos sujetado la redacción de los cuatro documentos de que consta aquél a las disposiciones oficiales compatibles con el orden que habíamos de dar a este trabajo.

En el documento número 1, memoria descriptiva, que es el presente documento, explicamos con algún detalle los puntos capitales que habíamos de tener presente al proceder al estudio; conocido y razonado el criterio que habíamos de seguir, la descripción de las obras la hacemos muy brevemente, no sólo por evitar confusiones, sino también porque el documento gráfico, los planos, el documento número 2, detalla todas las obras con claridad propia del dibujo. No hemos omitido en los planos particular alguno; abrazan por completo todo el desarrollo dado a las obras, pero por evitar repeticiones inútiles no dibujamos más que una serie de modelos para tuberías que puede adaptarse a los diferentes diámetros que definitivamente se proponen, variando la escala.

El documento número 3 particulariza las condiciones facultativas y económicas que han de regir en la ejecución de las

obras, y para mayor orden las dividimos en dos pliegos: uno que contiene sólo las facultativas, y otro las económicas.

Aquél, siguiendo los formularios oficiales, le subdividimos en cinco capítulos, que agrupan convenientemente la descripción de las obras, las condiciones que deben reunir los materiales y su manipulación, el modo de emplear los materiales en obra, la manera de medir y abonar las obras y las disposiciones generales que en conjunto constituyen los cinco capítulos de que consta el pliego de condiciones facultativas.

El pliego de condiciones económicas también queda subdividido en otros cinco capítulos, que separadamente tratan de las disposiciones generales, de la ejecución de las obras, de la manera de pagar las obras, de las modificaciones del proyecto y de las recepciones y liquidación final del importe de los trabajos.

Todos estos documentos creemos quedan lo suficientemente detallados para evitar toda clase de dudas en la ejecución de las obras.

El documento número 4, Presupuesto, va en la forma que se expresa.

## II

### PRESUPUESTO.—JUSTIFICACION DE PRECIOS.—IMPORTE DEL PRESUPUESTO

Consta el presupuesto de tres capítulos: Mediciones, Cuadros de precios y Presupuesto general.

Lo mismo los estados de mediciones que el presupuesto general, están redactados por obras particulares, sin embargo de hacer en el segundo los resúmenes propios a determinar la cifra total del importe de la realización de todas las obras.

Se expresan, por tanto, separadamente la superficie de terreno ocupada por las obras y las distintas unidades de obra

que entran a componer cada una de las particulares, como son la toma de aguas, la casa de máquinas, los depósitos, las tuberías de impulsión y de servicio y la red de tuberías de la ciudad, cuyo presupuesto se estudia por ramales particulares.

Hemos hecho resúmenes por obras y no por unidades de obra, por no encontrar nada beneficiosos los segundos; en el presupuesto general van a hallarse totales, importes de obras, y lo que menos puede importarnos es entresacar de los presupuestos parciales cifras para agruparlas de modo que nada positivo digan.

Esto indicado, hemos de advertir que en algunas unidades de obra, como las arquetas de fábrica para encerrar las llaves de la tuberías en la ciudad, se suponen, para aplicar un solo precio, profundidades medias, y que cada ramal de tubería lleva los detalles propios a la prolongación de otro ramal; es decir, que puede funcionar sin que se hallen instalados los de aguas abajo.

En los cuadros de precios detallamos: los precios de jornales y transportes en el número 1; en el 2, los precios de los materiales a pie de obra generalmente; en el 3, los precios asignados a las diferentes unidades de obra; es decir, los precios a todo coste, cuyo estudio o composición detallada se hace en el cuadro número 4. No haría falta más justificación de precio que dicho cuadro; pero algunos de ellos merecen un estudio especial, que no podría detallarse en aquel documento, por lo que hacemos aquí la explicación de unos cuantos.

### *Precios*

NÚMERO 1.—*Area de expropiación de terreno.*—Dada la pequeña importancia de la superficie de terreno a expropiar, y abarcando para las tuberías de impulsión y de servicio a la ciudad un ancho de tres metros, creemos oportuno señalar para valor de la hectárea 1.250 pesetas, precio sumamente

excesivo, teniendo en cuenta que las tierras no pueden considerarse más que de segunda clase y, en mayoría, de tercera; pero las parcelas o fajas de terreno a expropiar son pequeñas, por cuyo motivo, damos, por término medio, el valor, área en 12,50 pesetas.

**NÚMERO 2.**—*Metro cúbico de excavación en zanjas para acueducto y pozos.*— Comprende este precio la cava, la elevación de las tierras a la altura media de dos metros, la extracción de los productos procedentes de las zanjas del acueducto y pozos y algunas entibaciones que puedan hacer falta, según la profundidad de las zanjas y calidad del terreno.

La cava, en el terreno corriente en que han de practicarse las excavaciones, puede suponerse a 0,50 peseta el metro cúbico, suponiendo que un bracero u obrero del campo gane 1,75 pesetas de jornal y haga 3,50 metros cúbicos diarios, incluyendo el arreglo de la herramienta.

El precio de la elevación le deducimos de la fórmula

$$0,015(h + 30)J,$$

en la que  $h = 2$  metros es la altura media de elevación de las tierras y  $J = 1,75$  pesetas el jornal del bracero, por lo que se obtiene 0,328 peseta para precio de elevación, que hacemos llegar a 0,35 peseta por la reparación de herramientas. En muchos casos la elevación se hará a pala, lo que abarata algo el precio; pero, en cambio, la extracción o extendido de las tierras se elevaría algo, por lo que fijamos este precio.

Para la extracción de las tierras sobrantes y entibaciones, atendiendo a que aquéllas han de dejarse a muy cortas distancias de las zanjas y sólo se iguala el terreno hasta que llegue a tomar una altura conveniente, trabajo que podrá hacerse bien a pala o con los conachos con que se eleven las tierras; y que las entibaciones han de practicarse en zanjas de pequeña profundidad relativa, señalamos el precio de 0,15 peseta.

El total, pues, del metro cúbico de excavación y elevación de tierra en zanja, será:

Excavación.....	0,50 peseta.
Elevación.....	0,35 —
Extracción de tierras y excavaciones.....	0,15 —
TOTAL.....	<u>1,00 —</u>

NÚMERO 4.—*Metro cúbico de relleno o macizado de zanjas.*—Suponemos para el relleno que un obrero pueda arrojar con la pala al día 15 metros cúbicos de tierra a tres metros de distancia horizontal, y para el apisonado que un bracero pueda apisonar al día 20 metros cúbicos de tierra, dentro de zanja y por tongadas de 20 a 30 centímetros de espesor. El precio total se compone de la manera siguiente:

Relleno.....	0,116 peseta.
Apisonado.....	0,087 —
Gastos de herramientas.....	0,030 —
TOTAL.....	<u>0,24 —</u>

NÚMERO 5.—*Metro cúbico de hormigón hidráulico.*—Suponemos que con el apisonado se reduce el volumen del hormigón en una quinta parte, y que se compone de dos partes en volumen de canto y piedra silíceos machacados y una de mortero de cemento. Estudiemos el precio del mortero de cemento a la unidad cúbica.

El cemento portland, adquirido en partidas de alguna importancia, se pone, libre de gastos sobre vagón en la estación de Palencia, en 83 pesetas la tonelada, según datos que nos han facilitado en la localidad, que aumentados los gastos de transporte al pie de obra, sube a 85 pesetas.

El precio del metro cúbico de mortero de cemento resultará, por tanto,

Un metro cúbico de arena.....	1,75 pesetas.
400 kgs. de cemento portland, a 85 ptas. tonelada.....	34 —
Manipulación.....	2 —
Agua y accesorios.....	0,25 —
TOTAL.....	<u>38,00 —</u>

El metro cúbico de hormigón hidráulico se compondrá:

0,8333 m <sup>3</sup> de canto silíceo machacado, a 5 pesetas.....	4,16 pesetas.
0,4166 m <sup>3</sup> de mortero de cemento, a 38 pesetas....	15,83 —
Manipulación, tendido en obra y accesorios.....	3 —
TOTAL.....	<u>22 99</u> —

NÚMERO 15.—*Metro cúbico de mampostería con mezcla común en cimientos.*—El precio de esta unidad se diferencia únicamente del de mampostería con mortero de cemento en el de mortero común, cuyo detalle se descompone teniendo en cuenta que la mezcla se forma de tres partes de arena y dos de cal; y suponiendo una contracción en la mezcla de la quinta parte, en el metro cúbico entrarán 0,750 y 0,500 metros cúbicos de arena y cal, respectivamente; al apagarse la cal viva aumenta de volumen, hasta el doble la que se emplea en la localidad; puede ponerse para la composición del precio del mortero ordinario:

0,750 m <sup>3</sup> de arena, a 1,75 pesetas.....	1,31 pesetas.
0,250 m <sup>3</sup> de cal viva, a 20 pesetas.....	5 —
Manipulación.....	2 —
Agua y accesorios.....	0,25 —
TOTAL.....	<u>8,56</u> —

NÚMERO 42.—*Metro cúbico de excavación en desmontes.*—Al precio señalado con el número 2 habrá que aumentarle el costo de transporte, para el cual aplicamos la fórmula

$$x = j (0,001 D + 0,1155),$$

que suponiendo una distancia media de 40 metros, da para valor del transporte, con inclusión del tiempo perdido, en carga y descarga, 0,27 pesetas.

NÚMEROS 49, 52, 55 Y 68 AL 74.—*Metro lineal de tubería de fundición de enchufe y cordón.*—En este precio incluimos los de adquisición en fábrica, transportes, transportes al pie de obra, aproximación y descenso del tubo en la zanja, preparación de la zanja, cuerda embreada para el enchufe, plomo para el enchufe, mano de obra del enchufe y colocación.

Para la adquisición en fábrica hemos aceptado los precios a que algunas industrias nacionales han ofrecido ejecutar la tubería; estos precios pueden regularse a 22,50 pesetas el quintal métrico; y atendidos los pesos por metro útil de tubería, el precio de adquisición sería por metro útil:

Diámetros de los tubos..	0,06	0,08	0,10	0,125	0,15	0,16	0,18	0,275	0,40	0,46	m.
Longitud útil idem.....	2	3	3	3	3	3	3	3	4	4	m.
Peso por metro útil id..	15	20	25	32	40	44	53	90	140	170	kg.
Precio en fábrica.....	3,37	4,50	5,62	7,20	9	9,90	11,92	20,25	31,50	38,25	pts.

El precio del transporte le graduamos en 30 pesetas la tonelada y el del transporte al pie de obra, incluso carga, descarga y tiempo perdido, en dos pesetas la tonelada, ó 0,03 y 0,002 pesetas, respectivamente. Será, por tanto, por metro lineal:

Diámetros ..	0,06	0,08	0,10	0,125	0,15	0,16	0,18	0,275	0,40	0,46	m.
Transportes. Idem al pie de obra...	0,45	0,60	0,75	0,96	1,20	1,32	1,56	1,80	4,20	5,10	pts.
	0,03	0,04	0,05	0,064	0,08	0,088	0,106	0,18	0,28	0,34	pts.
Tot. transporte.	0,48	0,64	0,80	1,024	1,28	1,408	1,666	1,98	4,48	5,44	pts.

La aproximación y descenso del tubo al fondo de la zanja se gradúa también por metro lineal a los precios de

0,05, 0,10, 0,20, 0,25, 0,50 pesetas  
0,075, 0,15, 0,22, 0,30, 0,55 —

según los respectivos diámetros.

El precio de la preparación de la zanja, que consistirá en apisonar el terreno del fondo dándole la forma conveniente para alojar en él la mitad del tubo, cuando más, y practicar un hoyo en donde han de hacerse los enchufes para facilitar la ejecución de éstos, se deduce del trabajo empleado por un

obrero que gana dos pesetas de jornal en abrir y preparar el terreno en 20 metros lineales del diámetro medio de 0,16 metros, trabajo que suponemos practicado en la jornada. Al hoyo para cada enchufe le suponemos también de las dimensiones medias de 0,60 + 0,80 + 0,40 metros, o sean 192 decímetros cúbicos.

Las excavación para alojar los tubos hasta de 12,5 metros puede lograrse con el apisonado de 15 centímetros en adelante; el volumen de tierras que da entra ya en la composición del precio de la manera siguiente:

Diámetros ...	0,15	0,16	0,18	0,275	0,40	0,46	metros.
Semisección...	0,0088	0,0100	0,0122	0,0296	0,0628	0,0830	metros cua-
Volúmenes de tierras a ex- cavar y ele- var por me- dio de tube- ría.....	0,0088	0,0100	0,0122	0,0296	0,0628	0,0830	drados. metros cú- bicos.
Superficie api- sonada por metro de tu- bería.....	0,885	0,89	0,90	0,957	1,028	1,062	metros cua- drados.

Para el precio de excavación, por su mayor esmero, puede señalarse 1,20 pesetas el metro cúbico; luego quedan para el metro cuadrado de apisonado 0,10 pesetas; y repartiendo las cajas para los enchufes entre el número de metros del tubo, resulta para metro lineal:

Diámetros...	0,06	0,08	0,10	0,125	0,15	0,16	0,18	0,275	0,40	0,46	m.
Cajas de los enchufes...	0,096	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064	0,048	0,048	pts
Tierras a ex- cavar y ele- var.....	»	»	»	»	0,010	0,012	0,014	0,035	0,075	0,099	pts.
Apisonado..	0,080	0,080	0,080	0,080	0,088	0,089	0,090	0,095	0,102	0,106	pts.
Totales...	0,176	0,144	0,144	0,144	0,162	0,165	0,168	0,194	0,225	0,253	pts.

Para el cálculo del precio del enchufe suponemos el precio del plomo a 0,50 pesetas el kilogramo; los detalles de todo el enchufe se expresan a continuación:

Diámetros...	0,06	0,08	0,10	0,125	0,15	0,16	0,18	0,275	0,40	0,46	m.
Plomo.....	1,100	1,750	2,400	3,500	4,400	4,500	4,700	6,350	9,300	10,320	kg.
Idem.....	0,550	0,875	1,200	1,750	2,200	2,250	2,350	3,175	4,650	5,160	pts.
Cuerda embreada...	0,050	0,075	0,100	0,125	0,150	0,150	0,150	0,200	0,250	0,270	pts.
Mano de obra y colocación.....	0,200	0,300	0,50	0,500	0,550	0,650	0,750	0,950	1,100	1,150	pts.
Precio de los enchufes..	0,800	1,250	1,750	2,375	2,900	3,050	3,250	4,325	6,000	6,580	pts.

y a cada metro útil de tubería corresponde por los enchufes:

0,400, 0,583, 0,966, 1,083, 1,500 pesetas.  
0,416, 0,791, 1,016, 1,441, 1,645 —

Por tanto, los precios de metro lineal de tubería colocada serán de

Diámetros..	0,06	0,08	0,10	0,125	0,15	0,16	0,18	0,275	0,40	0,46	m.
Adquisición en fábrica..	3,37	4,50	5,62	7,20	9,00	9,90	11,92	20,25	31,50	38,25	pts.
Transportes..	0,48	0,64	0,80	1,024	1,28	1,408	1,666	1,98	4,48	5,44	pts.
Aproximación y descenso.....	0,05	0,075	0,10	0,15	0,20	0,22	0,25	0,30	0,50	0,55	pts.
Preparación de la zanja	0,176	0,144	0,144	0,144	0,162	0,165	0,168	0,194	0,225	0,253	pts.
Enchufe y colocación..	0,40	0,416	0,583	0,791	0,966	1,016	1,083	1,441	1,500	1,645	pts.
Totales...	4,47	5,77	7,24	9,30	10,61	12,70	15,08	24,16	38,20	46,13	pts.

Número de los detalles de precios: 74, 73, 72, 71, 70, 69, 68, 55, 49, 52.

NÚMEROS 65, 66 Y 67.—Metro cúbico de excavación y relleno de zanjas en terreno afirmado, empedrado y adoquinado.—Comprenden estos precios, a más de la excavación y elevación,

el relleno y apisonado de la zanja, y la reposición del firme o pavimento de las calles. Estos precios se aplican a las zanjas para tuberías colocadas en la distribución de la ciudad.

— El precio de excavación en terreno corriente le suponemos como en la excavación para cimientos; la elevación la deducimos del dato que un obrero pueda arrojar con la pala en un día 10 metros cúbicos de tierra a tres metros de distancia horizontal o a 1,65 metros de altura; siendo en estos casos la profundidad media de la zanja de 1,20 a 1,30 metros; para el relleno suponemos una mitad más de trabajo, y para el apisonado que un bracero puede apisonar en el día 20 metros cúbicos de tierra dentro de la zanja por tongadas de 20 a 30 centímetros de espesor. El precio total se compondrá:

Excavación.....	0,50	pesetas.
Elevación.....	0,175	—
Relleno.....	0,116	—
Apisonado.....	0,087	—
Gasto de herramientas.....	0,03	—
<b>TOTAL.....</b>	<b>0,90</b>	<b>—</b>

A este precio hay que agregar el sobreprecio de mano de obra que llevan los firmes y pavimentos de las calles.

a) Para el afirmado tenemos en cuenta que en una capa de 40 centímetros habrá que remover el terreno a pico y aun a barra, trabajo en el que un obrero robusto no dará arriba de dos metros cúbicos diarios de desmonte; suponiendo el jornal a dos pesetas, y teniendo en cuenta que el precio del metro cúbico en la profundidad media de 1,25 deberá estar recargado nada más en la parte proporcional, y que cueste 0,15 la reposición del firme correspondiente al metro cuadrado de superficie de la calle, aprovechando lo que ya tuviera, resulta:

Sobreprecio de excavación en los 40 centímetros.	0,40	pesetas.
Arreglo y consolidación del firme.....	0,15	—
<i>Total a repartir entre los 1,25 m. de profundidad..</i>	<i>0,55</i>	<i>—</i>
Sobreprecio al metro cúbico de desmonte con afirmado.....	0,44	—

b) En el empedrado de canto rodado y cajones de adoquín hay que tener en cuenta el desmonte de dicha obra y reposición también; a los precios corrientes, resulta el metro cuadrado:

Desmonte de empedrado en cajones.....	0,05	pesetas.
Mano de obra del empedrado y cajones.....	1,00	—
TOTAL.....	<u>1,05</u>	—

que repartido, supuesta la profundidad media indicada, al metro cúbico corresponde por este sobreprecio 0,84 pesetas.

c) En el adoquinado y enlosado, calculamos por metro cuadrado:

Desmonte.....	0,10	—
Mano de obra de ejecución.....	1,25	—
Material a reponer.....	0,20	—
TOTAL.....	<u>1,55</u>	—

que da un sobreprecio para el metro cúbico de desmonte, como se ha dicho ya, de 1,24 pesetas.

NÚMEROS 51, 53, 56 Y 75 A 81.—*Llaves de paso.*—Para componer los precios de las llaves de paso hemos aplicado a los pesos aproximados de éstas un precio de 1,50 pesetas el kilogramo, a que nos han ofrecido fabricar dichos detalles. Para las juntas, que han de ser de bridas, suponemos para cada una un precio doble del de junta de enchufe y cordón; y como las piezas especiales que han de yuxtaponerse a las llaves llevan también bridas, suponemos para cada extremo una mitad de su precio, o sea el que corresponde a los precios de enchufe y cordón.

NÚMEROS 50 Y 85 A 113.—*Piezas especiales, cruces, reducciones, etc., de tuberías.*—En la composición de estos precios hemos seguido el mismo criterio que en los anteriores para determinar los valores de las juntas, que en la mayoría de las detalles convendrá ser de brida.

Para el precio del material principal hemos señalado el de

0,30 pesetas el kilogramo, un poco más elevado que el mismo precio en la tubería corriente, contando ya transportes, por los gastos de modelos, que siempre hacen elevar algo el precio de adquisición, aunque sea en partidas de importancia.

### IMPORTE DEL PRESUPUESTO

Aplicando los precios estudiados a las correspondientes unidades de cada obra y hechos los resúmenes correspondientes, aumentando al importe de la ejecución material de las obras el 15 por 100 por presupuesto de contrata (gastos imprevistos, 1 por 100; gastos de dirección y administración, 5 por 100, y beneficio industrial, comprendido el 3 por 100 por interés de dinero adelantado, 9 por 100), el resumen general es, conforme al del documento núm. 4:

Pesetas

Valor de los terrenos a expropiar.....		2.069,62
Toma de aguas.....	53.421,59	
Casa de máquinas.....	16.939,84	
Tubería de impulsión.....	103.363,77	
Depósitos.....	79.022,14	
Casa de llaves.....	10.391,72	
Tubería de servicio.....	79.009,80	
Red de tuberías en la ciudad.....	103.927,89	
Ejecución material de las obras.....	416.076,75	
Aumento del 15 por 100.....	66.911,51	
Presupuesto de contrata de las obras.....		512.988,26
<b>IMPORTE TOTAL DE LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO.</b>		<b>515.057,88</b>

### III

#### VENTAJAS ECONÓMICAS DEL PROYECTO

Es este el punto menos importante relacionado con la higiene, y es el de más gravedad si le referimos al negocio, a la parte verdaderamente industrial del abastecimiento. Un abastecimiento de aguas como el que nosotros estudiamos, ¿puede

dar algún interés al dinero empleado en su ejecución? Indudablemente; claro es que no convendrá hacerse ilusiones ni esperar rendimientos exagerados; en suma, el asunto no puede constituir un verdadero negocio, en la acepción que se da generalmente a esta palabra; pero no admite duda que puede dar un interés regular, salvar el capital empleado en pocos años.

Como hemos hecho sobre otros particulares vamos a hacer aquí también; vamos a calcular los gastos que anualmente pueda costar el entretenimiento del abastecimiento, calculando siempre el máximo, y vamos a deducir los ingresos que la explotación puede tener, suponiendo una suscripción o ingresos muy pequeños.

*Gastos anuales.*—En el capítulo II vimos que los gastos inherentes a los motores: combustible, grasas, etc., y jornal del maquinista, suponiendo un consumo máximo, a que no se llegaría en ningún caso, ascendían a 14.050 pesetas al año; hagamos sobre esta base un presupuesto con asignaciones económicas en el personal, pues organizada la explotación, los trabajos son pequeños, y tendremos:

Máquinas y maquinista.....	14.050	pesetas.
Asignación del director.....	2.000	—
Idem del capataz escribiente.....	1.500	—
Idem de dos obreros guardas.....	1.825	—
Reparación de tuberías.....	1.000	—
Gastos de administración, impuestos, etc.	3.500	—
Imprevistos.....	1.000	—
TOTAL.....	<u>24.875</u>	—

Importarían, pues, los gastos anuales las referidas 24.875 pesetas. Veamos los

*Ingresos anuales.*—Muy difícil es calcular la cifra de éstos, por ser más difícil precisar la importancia que puede tener el desarrollo del abastecimiento; con precios baratos el agua puede ser introducida en la mayoría de las casas de la ciudad, y su uso generalizarse bastante; con precios elevados constitui-

ría un artículo de lujo en la vivienda. Debemos, pues, estudiar una tarifa prudente, llegado el caso, que tienda a la introducción del agua en la casa del pobre y en la del rico de la misma manera.

Tres destinos principalmente ha de tener el agua de la canalización, el de la casa, el de la industria, el público; el consumo por cada uno de estos tres conceptos es muy distinto, y su coste anual, relacionado con la unidad de volumen, debe estar en razón inversa del agua consumida; es decir, que el precio de la unidad de agua debe ser más inferior a medida que sea más superior el volumen gastado al año. Este es un criterio que viene sosteniéndose en todas las explotaciones.

Pero, desde luego, se ofrece una cuestión preliminar: el agua para el servicio doméstico, ¿debe darse por contador o por caño libre? Es cierto que debe pagarse lo que se consuma; lo más equitativo es siempre abonar el agua que se saca de la conducción general, y de ahí la ventaja del contador, procedimiento el más razonable de todos, a nuestro entender; pero no es menos cierto que el uso del contador restringe bastante el consumo de agua; en el momento que se paga el agua por unidad se tiene un gran interés en economizar su empleo, punto importantísimo que se tiene muy en cuenta en las grandes explotaciones por las fuertes cantidades de agua perfectamente desperdiciadas o arrojadas a los desagües de la casa sin utilidad alguna práctica ni en la comodidad ni en la higiene. El caño libre da gastos exageradísimos; los desperdicios, el despilfarro de agua son notables: no restringe nada el consumo de agua; un grifo solo puede arrojar en una semana mucha más agua que la que corresponde a un año, regulada al precio de costo de la elevación, haciendo uso de ese mismo grifo como la prudencia aconseja.

Para obviar los inconvenientes del despilfarro de agua a caño libre puede adoptarse el empleo de las llaves de aforo; pero ni éste ni el sistema usado de dar cierta cantidad de agua

por día, lo exige un depósito particular en cada casa, resuelven el problema prácticamente; puede ocurrir que en determinados momentos ese depósito particular no contenga agua, y la incomodidad no es pequeña. No estudiamos detalladamente la manera de suministrar agua a las instalaciones particulares, pero con lo dicho se podrá ver la ventaja del contador. Este sistema proponemos seguir nosotros en la explotación de las obras objeto de este estudio; únicamente adoptamos el caño libre en los grifos de cocina y similares, pero regulado el precio del agua con relación a ciertos particulares: el alquiler de la habitación, por ejemplo, pues en la mayoría de los casos a renta mayor es de suponer correspondan también más medios de fortuna, más comodidad y más aprecio de los beneficios del agua. Al igual de otras poblaciones, proponemos para estos grifos una tarifa especial basada en el alquiler de la habitación, entendiéndolo, como era lógico suponer, que los precios que luego se estampen se refieren solamente al consumo de agua, dejando a un lado los gastos de instalación de cada casa, que deberán ser de cuenta del propietario, como viene sucediendo en todas las explotaciones de este género. Una razón más tenemos para proponer el sistema de suministrar el agua a caño libre en las viviendas: una casa tiene varias habitaciones; si cada una de ellas tiene un contador, el precio de instalación se elevaría muchísimo y haría irrealizable el uso del agua; si se coloca un solo contador que mida el gasto de toda la casa, claro es que la administración no perdería; pero ¿cómo se repartiría entre los vecinos el valor del agua? Pues hay que suponer que no consumirían todos la misma cantidad; de colocar solamente fuente en el patio de la casa, se privaba de una de las ventajas mayores que puede tener la vivienda. Muchas más razones pudieran agregarse a las apuntadas; pero una advertencia tan sólo hemos de añadir: para evitar el despilfarro de agua, debe adoptarse para modelo de grifo, de éstos a caño libre o pagado por tanto alzado, uno de los conocidos siste-

mas llamados de cierre automático; es decir, que abierto el grifo se cierra automáticamente así que ha salido cierta cantidad de agua, necesitando abrirle nuevamente para volver a tener agua, y los desagües de los fregaderos o puntos donde estén colocados los grifos deben calcularse de tal manera que absorban menos cantidad de agua que la que dé el grifo; así no habrá despilfarros por mala fe; habrá alguna imprudencia que avisará para lo sucesivo.

En la reglamentación especial para el consumo de agua se estudiarán, cuando sea llegado el caso, todos estos particulares, de que una administración celosa debe preocuparse.

Para hacer la tarifa que indicamos en seguida, hemos tenido en cuenta las de otras poblaciones. En algunas se estipula un tanto alzado por cada grifo, valiendo lo mismo el precio del agua en la casa del rico que en la del pobre, si tiene el mismo número de grifos; esto no es razonable. En otras se establece una tarifa o escala, como hemos indicado ya, solamente para graduar el precio del grifo de cocina o de fregadero, pagando por contador por otros conceptos de la casa. Ejemplos de estas escalas los tenemos en Orense, Pamplona Sevilla y Santander, cuyos tipos y precios exponemos a continuación, para que puedan compararse luego con la tarifa que hemos estudiado.

ORENSE			PAMPLONA		
AGUA DE RÍO (DERIVACIÓN)			AGUA DE MANANTIAL		
Alquiler anual de la habitación		Precio anual del agua	Alquiler anual de la habitación		Precio anual del agua
<i>Pesetas</i>		<i>Pesetas</i>	<i>Pesetas</i>		<i>Pesetas</i>
Hasta	125	4	Hasta	182,50	20
Más de	125 a 250	6	Más de	182,50 a 273,75	25
	250 a 375	8		273,75 a 365	30
	375 a 500	10		365 a 547,50	35
	500 a 625	12		547,50 a 730	40
	625 a 750	14		730 a 1.095	45
	750 a 1.000	16	.....	.....	.....
	1.000	20	.....	.....	.....
SEVILLA			SANTANDER		
AGUA DE MANANTIAL Y RÍO			AGUA DE MANANTIALES		
Hasta	900	60	Hasta	91,25	9,125
Más de	900 a 1.500	90	Más de	91,25 a 182,50	18,25
	1.500 a 2.160	120		182,50 a 273,75	27,375
	2.160 a 3.500	180		273,75 a 365	36,50
	3.000 a 4.500	240	.....	.....	.....
	4.500 a 6.000	300	.....	.....	.....

El agua que generalmente se consume o gasta en cuadras, cocheras, etc., riego de jardines, fondas y establecimientos parecidos o de mucha aglomeración de personas, se regulan por contador; hay ejemplos, sin embargo, en que se paga el agua por plazas: en un café, por mesas, por ejemplo; en una fonda, por cuartos; pero lo más seguido es el suministro de agua por contador, variando el precio del metro cúbico desde 28 hasta 90 céntimos de peseta.

Toda el agua necesaria a las industrias se facilita por contador; el precio por unidad de volumen, el metro cúbico oscila entre 32 y 90 céntimos.

El agua necesaria a los servicios públicos que sostienen las municipalidades se paga más comúnmente por tanto alzado,

calculado según el consumo medio observado en un largo período, o por subvenciones, con las que garantizan cierto interés o rendimiento a las empresas explotadoras.

En vista de estas observaciones y de los antecedentes que hemos consultado, damos la siguiente tarifa, en general más barata que las de otros abastecimientos, como una norma para establecer nuestros cálculos sobre los ingresos anuales.

### Tarifa de precios del consumo de agua

Alquiler diario de la habitación <i>Pesetas</i>	Precio anual del agua <i>Pesetas</i>	Precio anual del agua <i>Pesetas</i>
Hasta 0,25	Hasta 91,25	15
Más de 0,25 a 0,50	Más de 91,25 a 182,50	20
0,50 a 0,75	182,50 a 273,75	25
0,75 a 1	273,75 a 365	30
1 a 1,25	365 a 456,25	35
1,25 a 1,50	456,25 a 547,50	40
1,50 a 2	547,50 a 730	45
2 a 2,50	730 a 912,50	50
2,50 a 3	912,50 a 1.095	55
3 a 3,50	1.095 a 1.277,50	60
3,50 a 4	1.277,50 a 1.460	65
4 a 4,50	1.460 a 1.642,50	70
4,50 a 5	1.642,50 a 1.825	75
5	1.825	80

- I. Usos domésticos. 1.º Grifo de cocina o fregadero.
- 2.º Cualquiera otro grifo suplementario dentro de la habitación particular, la mitad de la anterior tarifa o escala.
- 3.º Cada inodoro, 10 pesetas al año.
- 4.º Cada bañera, 30 pesetas al año.
- 5.º Boca de incendio precintada, 10 pesetas al año.
- II. Cuadras, cocheras, jardines y fuentes de adorno, fuentes de vecindad en patios y lavaderos particulares para servicio de los vecinos de una casa...: metro cúbico gastado, 0,60 pesetas. Las fuentes de vecindad en patio pueden pagar también por suscripción anual, rebajándose el 33 por 100

de la suma de las suscripciones correspondientes a los pisos por concepto de alquiler.

- III. Farmacias, venta de vinos, carnicerías y demás establecimientos análogos: cada grifo, 40 pesetas al año; cuando la habitación particular no tenga grifo pagará el 66 por 100 más de lo que corresponda a la habitación particular por concepto de alquiler.
- IV. Fondas, cafés, colegios, conventos, cuarteles y establecimientos análogos: por cada metro cúbico gastado, 0,50 pesetas.
- V. Usos industriales y obras: por cada metro cúbico gastado, 0,40 pesetas.

---

Esto indicado, suponemos solamente 125 instalaciones particulares para usos domésticos, a cuatro grifos, por término medio, cada instalación; es evidente que aquí pecamos exageradamente por defecto, pues a poca costa se obtienen más de esas 125 instalaciones citadas, que harían en conjunto 500 grifos, a los que, por término medio, también señalamos un precio anual de 30 pesetas; es decir, corresponden a habitaciones de un alquiler diario de 0,75 a una peseta. Nos parece que estaríamos muy por bajo de la realidad; pero queremos, de exagerar algo, exagerar en contra del abastecimiento.

Un servicio haríamos obligatorio: el uso del agua en los retretes cuyas casas puedan acometer directamente a las alcantarillas actuales; el Ayuntamiento, por cuestiones de higiene, tendría medios para hacer obligatorio el inodoro en las viviendas; pero por lo mismo que nosotros propondríamos como necesidad tal medida, suponemos un precio anual de agua en el retrete de 10 pesetas, como se ha expresado en la tarifa; hemos hecho un recuento de dichas habitaciones, y excede su número de 650.

En todas las demás partidas que exponemos en el estado de ingresos señalamos cantidades más bien reducidas que ampliadas en los consumos de agua, por seguir con nuestro criterio de rebajar los ingresos.

El gasto del agua destinada a usos públicos y todos los edificios del Ayuntamiento le suponemos de 12.000 pesetas anuales, cifra algo pequeña en relación del consumo por este concepto. No se andaría muy separado de la verdad si supiéramos que, por término medio, para riego de calles y jardines, limpieza de alcantarillas, dotación de matadero, escuelas, etcétera, se gastasen 200 metros cúbicos diarios de agua, que serían al año 73.000; costaría el metro cúbico de agua al Ayuntamiento

$$\frac{12000}{73000} = 0,164 \text{ pesetas,}$$

poco más de un cuarto de céntimo el cántaro de 16 litros.

Esa cantidad debe parecer menos exagerada si se tiene en cuenta lo que gasta el Municipio con querer remediar algo en los meses de calor la falta de agua; sin contar este año, en que van ya seis meses durante los cuales cuatro jornales diarios se emplean en la elevación del agua del pozo de los Mendozas, podemos calcular como gastos extraordinarios durante ciento veinte días:

	<u>Pesetas</u>
Cuatro jornales en el pozo de los Mendozas, a 2,50 pesetas.....	10,00
Dos ídem en el río Carrión para las bombas, a 1,62.	3,24
Dos ídem de carreros, a 1,62.....	3,24
Dos caballerías y carros con cubas, a 3.....	6,00
TOTAL DIARIO.....	<u>22,48</u>

además, se pagan próximamente unas 240 cubas de agua a 1,50 pesetas cada una; dichos gastos serían

	<u>Pesetas</u>
120 días, a 22,48 pesetas.....	2.697,60
240 cubas, a 1,50.....	<u>360,00</u>
TOTAL DE GASTOS EN LA TEMPORADA...	<u>3.057,60</u>

costaría, por tanto, al Ayuntamiento, 8.942,40 pesetas más al año de lo que ahora gasta por dotar espléndidamente todos los servicios públicos. La cifra nos parece baja, y la cantidad puede satisfacerse, a muy pocos sacrificios, por un municipio de la importancia del de Palencia.

Con estos datos formamos el siguiente cuadro de ingresos anuales:

	Pesetas
500 grifos, a 30 pesetas.....	15.000,00
650 inodoros, a 10 ídem.....	6.500,00
10 bañeras, a 30 ídem.....	300,00
Cinco bocas de incendio, a 10 ídem.....	50,00
547,50 m <sup>3</sup> de agua (1,50 diarios) en cuadras, cocheras, etc., a 0,60 pesetas. ....	323,50
10 farmacias, tiendas, etc., a 40 ídem... ..	400,00
2.190 m <sup>3</sup> de agua (seis diarios) en fondas, cafés, colegios, cuarteles, etc., a 0,50 pesetas. ....	1.094,00
25.550 m <sup>3</sup> de agua (70 diarios) en usos industriales, obras, a 0,40 pesetas.....	10.220,00
Suscripción del Ayuntamiento.. ..	12.000,00
<b>TOTAL.. ..</b>	<b>45.893,50</b>

Ahora bien;

Suman los ingresos anuales.....	45.893,50
Ídem los gastos.....	24.875,00
<b>QUEDA UN LÍQUIDO DE.....</b>	<b>21.018,50</b>

poco más del 4 por 100 del capital presupuesto para la realización de las obras del proyecto.

Este resultado lo encontramos nosotros muy ventajoso, no mirado ya desde el punto de vista higiénico, en que todo sacrificio es pequeño, sino en el concepto de negocio; calculando siempre por bajo en los ingresos, se llega a un interés regular; desarrollada la explotación con tacto y prudencia, es susceptible de mayores rendimientos y capaz de amortizar el capital en no muchos años; pero para esto el primero que tenía que salir de su indiferencia y de su apatía era el vecindario, suscribiéndose a un servicio tan beneficioso y tan provechoso como es este que estudiamos.

## IV

## MANERA DE REALIZAR EL PROYECTO

Llegamos, por fin, a tratar el último punto de este estudio: la manera cómo ha de llevarse a la realización el proyecto que presentamos. Indicaremos nuestro criterio, y terminamos.

Dos medios generales pueden seguirse para ejecutar los trabajos del abastecimiento de aguas y administrar su explotación: o el Ayuntamiento se encarga de uno y otro particular, contratando la ejecución de las obras conforme a las disposiciones vigentes, o saca a concurso la concesión del abastecimiento, siendo de cuenta del concesionario la realización de los trabajos y la explotación de las obras durante un limitado número de años, al cabo de los cuales entraría la ciudad en posesión del abastecimiento.

Ni una solución nos satisface, ni la otra puede convenir en absoluto. De realizar las obras el Ayuntamiento tenía que contratar un empréstito; el dinero no se encuentra en casos tales sino a alto precio, por decirlo así, y pesarían los intereses, sobre el presupuesto municipal como losa de plomo. Además, y esta es la razón más importante: los Ayuntamientos no deben explotar negocios de este género, porque su administración especial no consiente, o no debe consentir al menos, se conviertan en una especulación mercantil, en la que se cifra una ganancia mayor o menor, beneficios que reciba el vecindario, pues no conviene perder de vista que el objeto principal del abastecimiento es llevar el agua a la casa. El Ayuntamiento debe ayudar, debe favorecer el abastecimiento siempre, como que sería el primer consumidor de agua; pero por sí solo no debe de entrar en estos negocios cuando vienen a constituir una industria. Razones de otra índole se ocurrirán seguramente a todos, razones que desecharán la idea de que el Municipio realice a su riesgo y ventura este proyecto.

La concesión, claro que lleva ventajas; descartando desde luego el sistema de vender a perpetuidad el agua, en este proyecto desechable, pues que al fin cuesta elevar el agua, y pudiera ocurrir o llegar el caso de que no se ingresara nada y hubiera que satisfacer los gastos de entretenimiento, la concesión es favorable al Ayuntamiento, por punto general; pero también ocurre que, cuando éste puede entrar en posesión de la propiedad de las obras, los gastos que sean necesarios hacer para seguir la marcha regular del abastecimiento sean muy crecidos, porque se reciben obras viejas que durante bastantes años han estado sometidas a un trabajo continuo y constante que desgasta y destruye el material.

Nosotros desearíamos que la empresa que explotase el abastecimiento estuviera constituida por vecinos de Palencia; que de aquí saliera el capital necesario; que la administración la llevaran los mismos vecinos, sería también el único medio para que se extendiera el uso del agua en la casa, pues que todos tendrían interés en que el negocio prosperase, siendo a la vez accionistas y consumidores; el beneficio del abastecimiento queda en los vecinos de la ciudad; justo es, por tanto, que si hacen falta sacrificios o simplemente esfuerzos, aquí se hagan. Es cierto que es más cómodo venga una empresa de fuera de la ciudad, para la cual serían los disgustos y los sinsabores de toda la organización, y recibir el agua que nos ponían al pie de la casa; pero esa misma ventaja lleva el gravísimo inconveniente de que luego no debemos quejarnos; al principio nos parecería cómodo; más tarde diríamos que nos explotaban.

En esa empresa, formada por vecinos de la ciudad, el Ayuntamiento debiera entrar también, no sólo por ser el consumidor de más importancia, sino porque su ayuda puede ser muy provechosa siempre. El Ayuntamiento cooperará a la construcción o ejecución de las obras muy eficazmente. Nada más sencillo.

Hemos terminado el estudio de abastecimiento de aguas para esta ciudad; si nos hemos equivocado, si no satisface las aspiraciones del Ayuntamiento o los ideales del vecindario, no podemos decirlo nosotros; dispuestos siempre a rectificar errores, aceptaríamos todas las indicaciones que, fundadas en la razón y en la prudencia, se nos hiciesen, pues no tenemos la pretensión de no equivocarnos en nuestros cálculos y apreciaciones. No pretensión, sí seguridad poseemos de haber tratado el asunto con cariño y buena voluntad: esta es para nosotros la satisfacción de este estudio.

El arquitecto municipal,

*Juan Agapito y Revilla*

Palencia.

PROYECTO

DE

ABASTECIMIENTO DE AGUAS

DE

PALENCIA

---

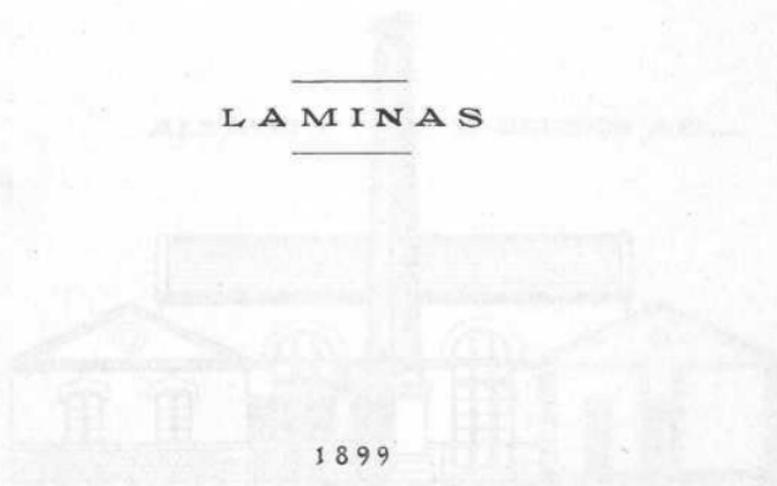
ARQUITECTO

D. JUAN AGAPITO REVILLA

LAMINAS

---

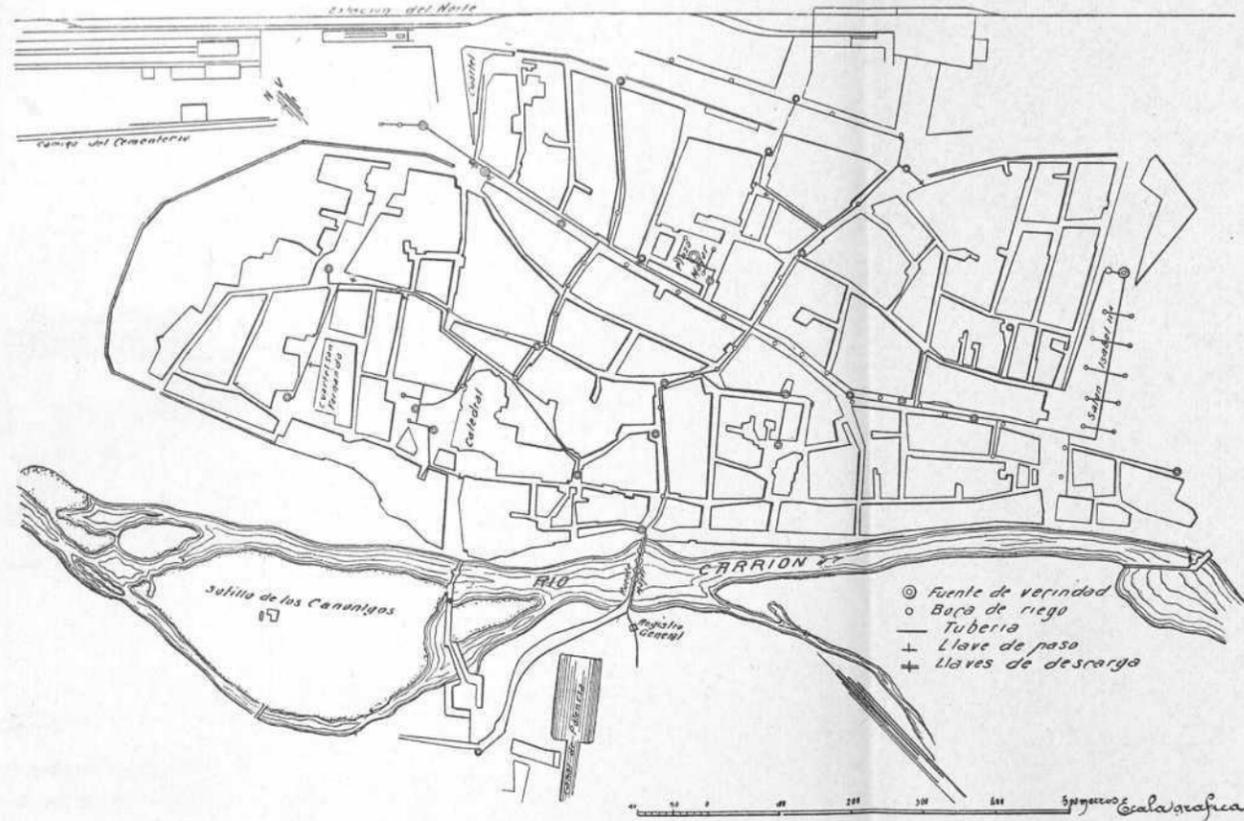
1899



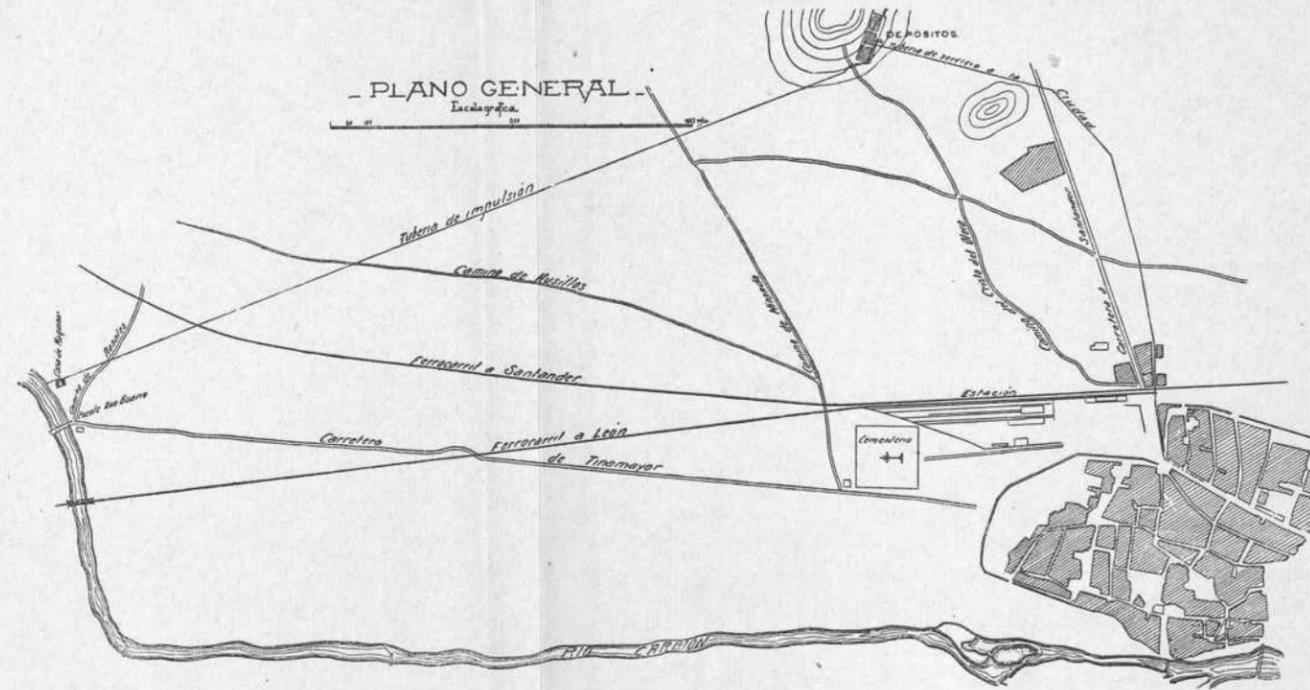


# Proyecto de abastecimiento de aguas para la ciudad de Palencia

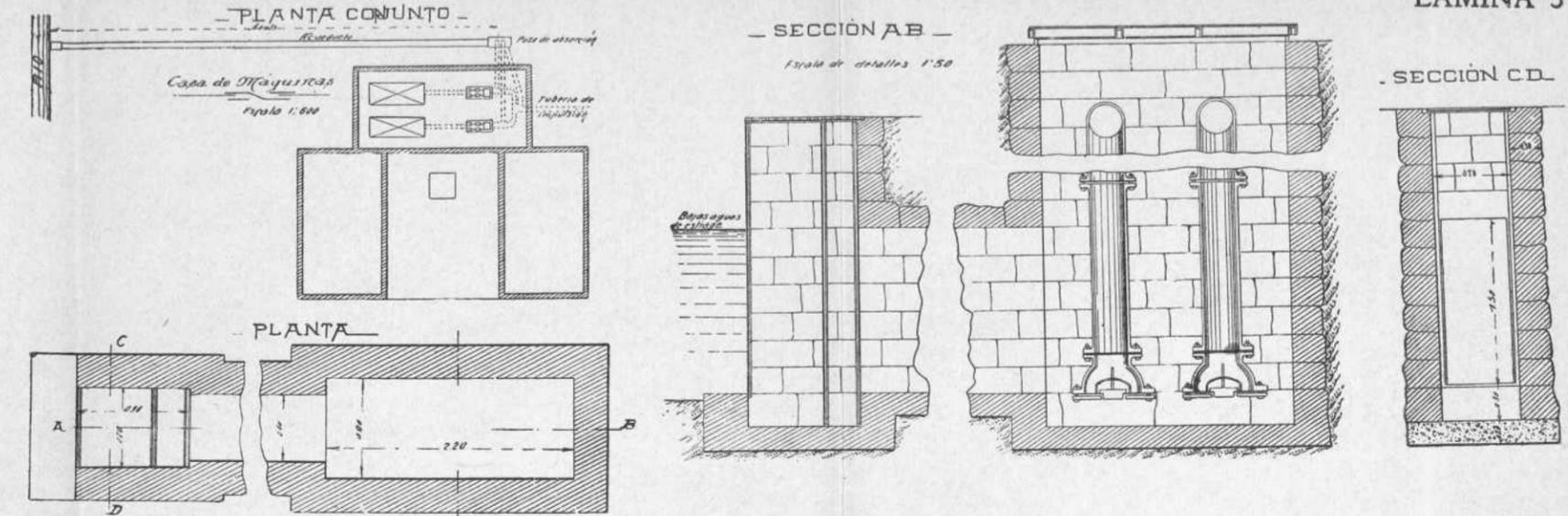
LAMINA 1



LAMINA 2

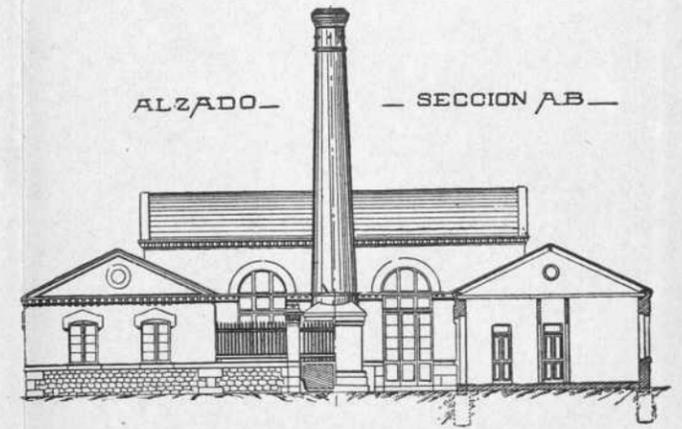
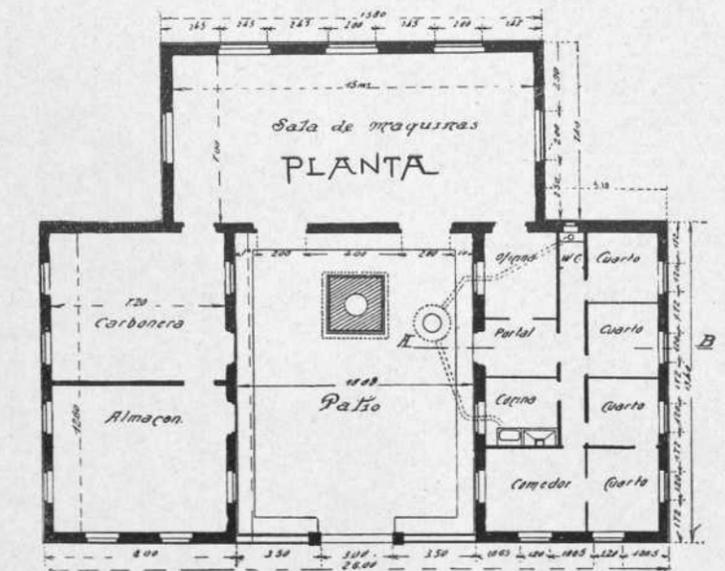


LAMINA 3



Detalles de la toma de aguas

LAMINA 4

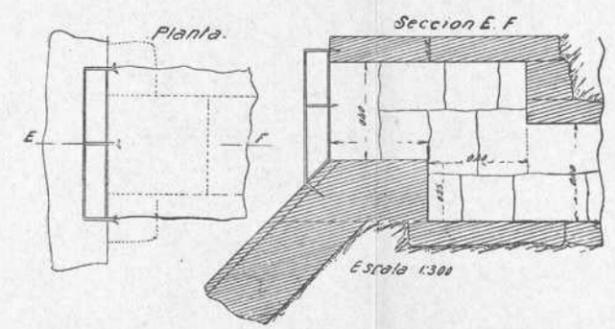
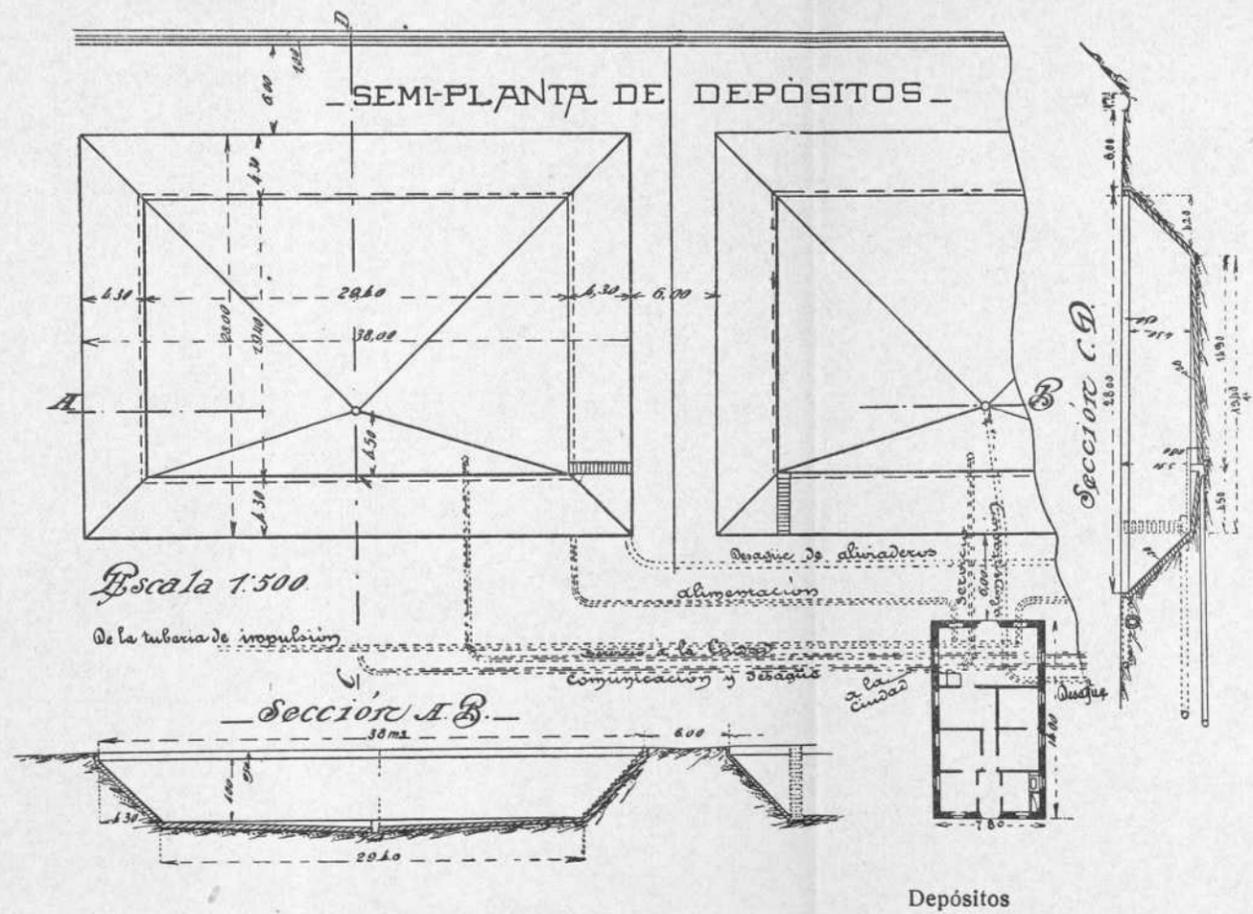
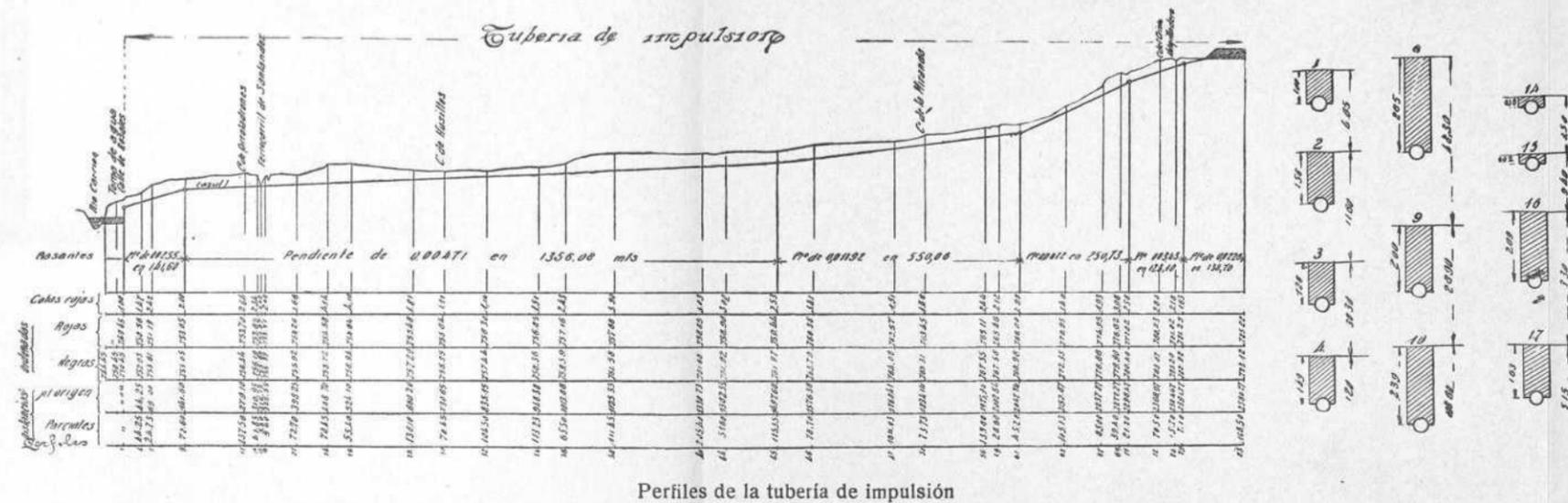


NOTA Por exigencias de ajuste se han acopiado en cuatro hojas las 12 láminas que figuran en este proyecto.

Palencia, 30 de Octubre de 1899  
 El Arquitecto municipal,  
 Juan Agapito Revilla



# Proyecto de abastecimiento de aguas para la ciudad de Palencia



Palencia, 30 de Octubre de 1899.

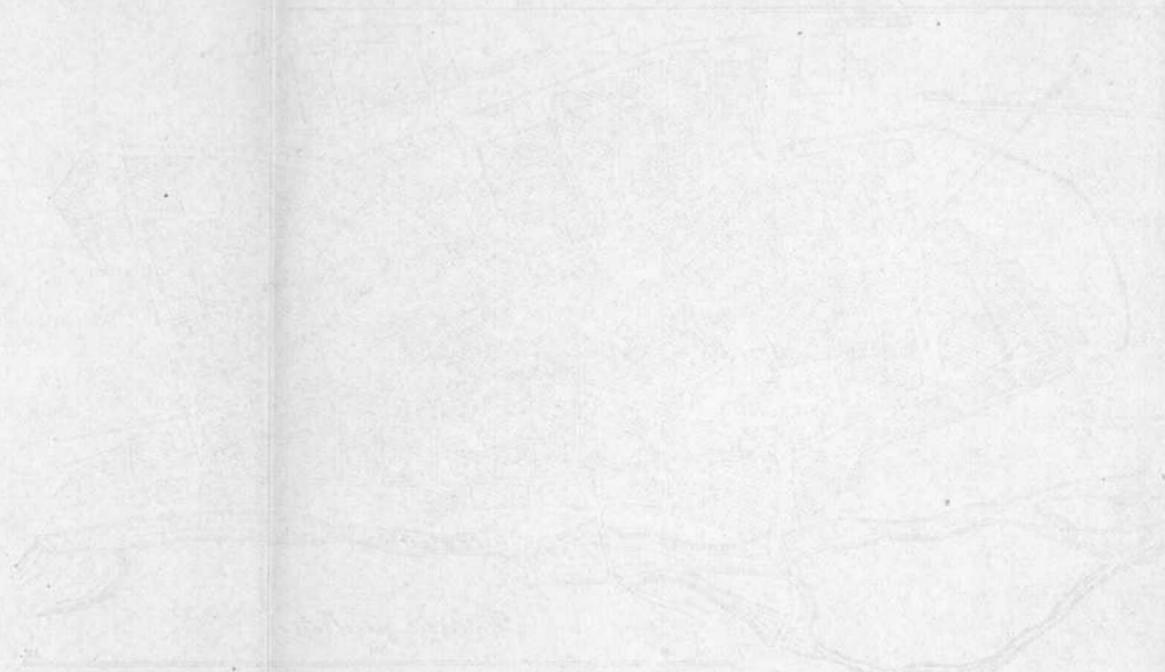
El Arquitecto municipal,  
Juan Agapito Revilla



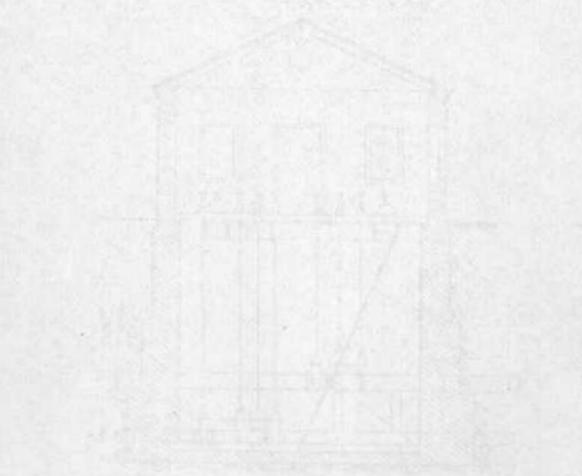
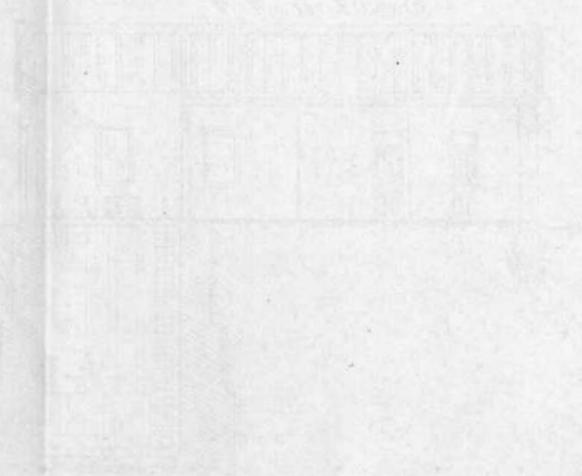




LAMINA 8



LAMINA 10



Escuela de Ingenieros de Caminos, Madrid, 1874

# Proyecto de abastecimiento de aguas para la ciudad de Palencia

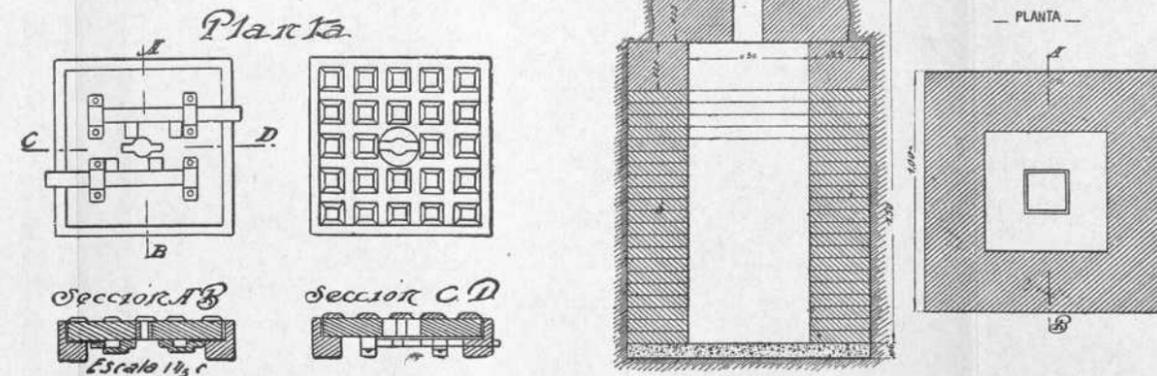
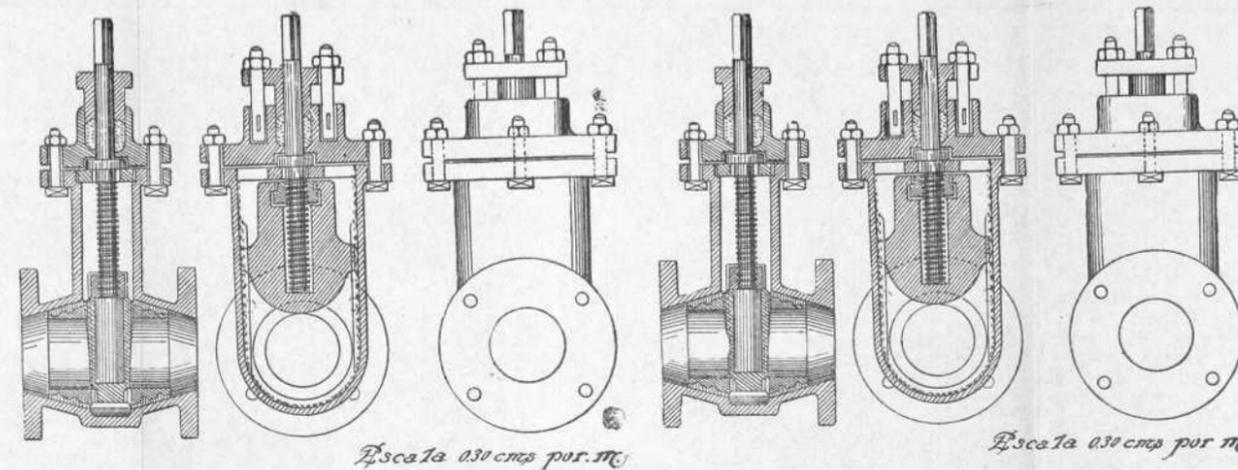
LAMINA 11



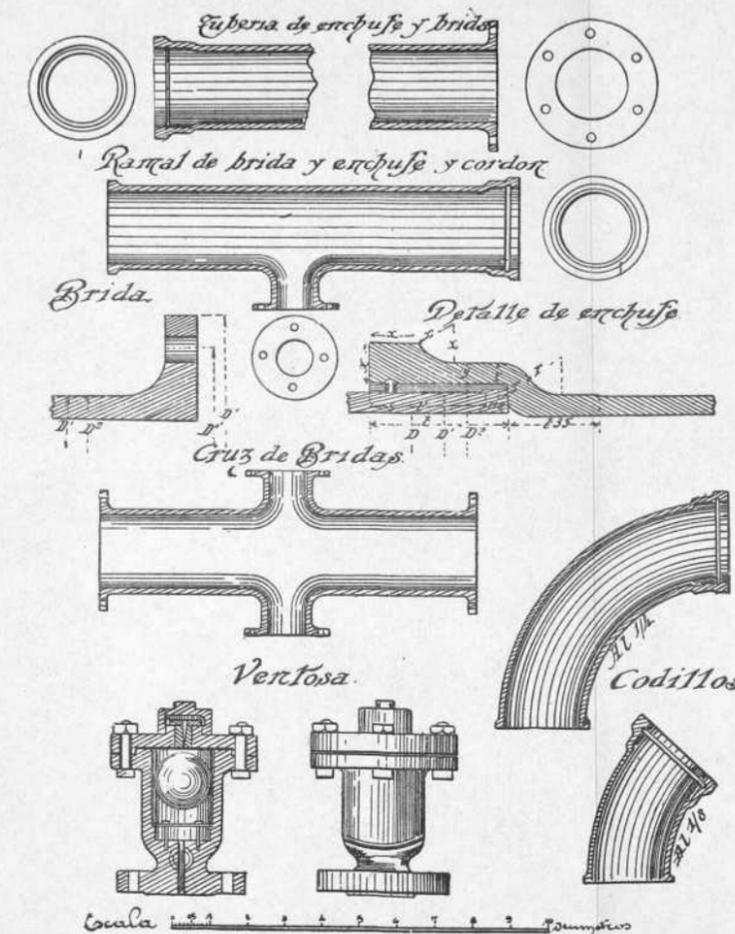
Tubería maestra. — Perfil longitudinal



LAMINA 12



Llaves y arquetas



Detalles de las tuberías

Palencia, 30 de Octubre de 1899

El Arquitecto municipal,  
Juan Agapito Revilla





G-F 3466

