

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

Abastecimiento de aguas de Barcelona⁽¹⁾

(Continuación.)

»Tercero. La diferencia mínima de gérmenes encontrados en los distintos manantiales puede explicarse: A, por ser el manantial abierto ó cerrado sin acceso del ambiente exterior; B, por la cantidad de agua diariamente extraída, lo que permite renovar las corrientes, dificultando por ende su estancamiento subterráneo.

»Cuarto. Las tomas de agua en los grifos ó fuentes públicas acusan claramente, respecto á las aguas de Dos Rius, un descenso en el dosado de los gérmenes, que puede explicarse por la acción esterilizante de la corriente, que induce á creer en su buena conducción. No puede afirmarse lo mismo del agua de Moncada, cuyo dosado aumenta así como varía el número y calidad de las especies, lo que induce á creer en la facilidad de su contaminación, durante su conducción. Apoya la realidad de esta inducción el hecho de que en su sitio de origen no se comprueba la presencia de una sola mucédinea (mohos), y, en cambio, se encuentran en gran número, aunque de una sola especie, y de naturaleza banal en los grifos de salida.

»Quinto. Del análisis de uno solo de los depósitos, llevado á efecto, no se puede sacar ninguna conclusión. Para demostrar lo antihigiénico que es el suministro del agua al consumo por este procedimiento, sería preciso repetir análisis en mayor número, como otras veces se ha efectuado por este Centro.

»Sexto. Los resultados del análisis últimamente ordenado respecto al llamado repartidor de Jesús, serán comunicados oportunamente» (2).

Los resultados del análisis bacteriológico concuerdan, como no podía menos de suceder, con las condiciones y estado de las obras de abastecimiento. En las tomas, las aguas han sufrido una eficaz filtración natural, y son todas muy puras. Las pequeñas diferencias en el número de gérmenes provienen de que el agua se toma á profundidad y sin contacto con el ambiente exterior, como en los pozos con cámara metálica de la Sociedad general,

ó en la superficie y al contacto del aire, como en las de la Compañía del Llobregat. Una vez entrada en las tuberías, sufre una autodepuración si aquéllas son de hierro colado, y libres de filtraciones exteriores. Por el contrario, en el acueducto de Moncada, lleno de fisuras, obstruido por las raíces de las plantas contiguas, y que atraviesa en gran parte la zona edificada de Barcelona, por debajo de numerosas casas particulares, las condiciones del agua empeoran, como empeoran también en las tuberías de distribución, de sistemas diversos y degradadas por el largo tiempo transcurrido desde su establecimiento. Las aguas de Moncada, á pesar de circunstancias tan desfavorables, son puras, hasta llegar al consumidor; pero los mohos de que se cargan en su trayecto, unidos á la dificultad de vigilar el acueducto, y su proximidad á pozos negros y terrenos empapados de materias orgánicas, son un indicio de la posibilidad y facilidad de su contaminación.

Las observaciones del Sr. Turró sobre los depósitos existentes en muchas casas para la distribución del agua entre sus vecinos, son muy oportunas. Ha faltado tiempo material para extender el análisis á mayor número de muestras de esta clase; pero nada autoriza á creer fuera distinto el resultado al de las otras ocasiones aludidas por el Sr. Turró. Sin necesidad de analizar, cabe asegurar que tales depósitos constituyen un serio peligro para la salud pública.

Respecto á la composición química de las aguas que se beben en Barcelona, y, por tanto, de su grado de potabilidad, la Asesoría siente no poder presentar en este dictamen datos completos, ya que algunas de dichas aguas, como sucede con las del Llobregat, no consta hayan sido nunca oficialmente analizadas, y que el Dr. Calvet, Director de la Sección química del Laboratorio municipal, manifiesta, con fecha 8 del corriente, que el análisis químico de las muestras de agua, recogidas según las indicaciones de esa Asesoría, no podrá estar completo para emitir dictamen hasta dentro de un mes. Forzoso es, pues, dejar esta importante parte del cuestionario incontestada hasta que se reciban los datos solicitados. Tan sólo, á título de simple indicación, se acompaña el anejo núm. 8, que resume los resultados del análisis químico hecho en 1897 con las aguas de Dos Rius, Vallés y Besós por los Sres. Coll y Pujol, Codina Langlin, Canudas y Bordas, y Turró.

Depósitos.

La necesidad de hacer la distribución del agua elevándola mecánicamente á diversas alturas, ha obligado á la Sociedad general y Compañía del Llobregat á establecer varios depósitos es-

(1) Véase el número anterior.

(2) Acerca de este análisis, el Dr. Turró dice en comunicación posterior: «Analizadas las aguas recogidas en el repartidor de Jesús, resulta:—Número de bacterias por c., 88.—Especies, 4.—Mucédneas, c.. 1.—Anaerobios absolutos, ninguno.—Diagnóstico, Puras.—Lo que tengo el honor de comunicar á usted á los efectos consiguientes.—Dios guarde á usted muchos años. Barcelona 10 de Agosto de 1911.—El Director, R. Turró.—Rubricado.—Señor Presidente de la Asesoría Técnica de la Comisión para el abastecimiento de aguas de Barcelona».

calonados. Los anejos 1 y 3 los describen suficientemente, para que sea necesario entrar en mayores detalles. En general, son de pequeña capacidad, limitándose su objeto principal á regularizar las diferencias entre el agua elevada del nivel inferior y la que ha de elevarse al superior. El mayor de todos, llamado de Esplugas, puede contener 15.000 metros cúbicos. Las altitudes de las soleras varían entre 53 y 540 metros, correspondiente al establecimiento sobre la cumbre del Tibidabo. Su gran número, y el enlace mutuo que entre todos existe, compensa en gran parte el inconveniente de su pequeña cabida, en el caso de que una avería cualquiera interrumpa su alimentación por las máquinas elevatorias. Tales como son, pueden hacer llegar el agua á los pisos más altos de las casas de la zona abastecida.

El agua de Moncada llega al partidor de Jesús, cerca del encuentro de las calles de Claris y Consejo de Ciento. Desde allí entra en tubería forzada, sin depósito intermedio, á la altitud de 18 metros, máxima, por tanto, que puede alcanzar. La necesidad de aportarla á mayor altura ha sido uno de los motivos de la construcción del nuevo acueducto de Moncada, que se halla en período de ejecución.

Redes de distribución.

La red de distribución, perteneciente á la Sociedad general y Compañía del Llobregat, alcanza, según manifestación de las mismas, una longitud total, sin contar los acueductos y los ramales de plomo, de más de 650 kilómetros de tubería de 4 á 70 centímetros de diámetro. Todos los tubos son de hierro colado, á excepción de los de 70 centímetros, contruados de cemento armado. La red, hecha por ampliaciones sucesivas, no obedece á un plan de conjunto, y, como ya se ha dicho, escasean en ella los depósitos de gran capacidad. Si estos defectos no han presentado muy graves inconvenientes en la práctica, por el enlace existente entre unos y otros depósitos, y entre las tuberías de las diversas zonas, merecen, sin embargo, señalarse.

Difícil es, sin reconocimientos largos y costosos, que la Asesoría no ha podido practicar, ni aun en limitada escala, por las dilaciones surgidas de la actitud de la Sociedad general, conocer el grado de conservación de las tuberías; aunque los datos recogidos permiten confiar, salvo lo que resulte de la inspección material, se hallan en estado normal de servicio, sin concreciones interiores ni fugas anormales por las juntas. Así parece confirmarlo la nota facilitada en las Oficinas municipales del servicio de aguas, según la cual, en el primer trimestre de 1911, la Sociedad general ha solicitado 682 permisos de reparación, lo que representa, aproximadamente, una reparación por kilómetro cada seis meses.

Menos bueno es, según los mismos informes, el estado de las tuberías de distribución del agua de Moncada, de la propiedad del Excmo. Ayuntamiento. Establecidas desde remotísima fecha y de sistemas diversos, entre los que domina el de palastro con cubierta exterior de asfalto, parece han llegado al término de su vida.

Coste del agua.

El anejo núm. 4 resume las tarifas que para la venta del agua aplica la Sociedad general de Aguas de Barcelona, tanto para usos domésticos como industriales. Los precios son tanto más elevados cuanto mayor es la utilidad de la zona servida, disminuyendo, en cambio, con el aumento de volumen consumido. El precio mínimo de 25 céntimos de peseta por metro cúbico corresponde á las barriadas de Sans, San Martín, San Andrés y

Horta, para los consumos superiores á 5.000 litros; y el máximo de 3 pesetas, al alto del Tibidabo, para los consumos diarios de 250 litros.

El precio normal en Barcelona y su ensanche, hasta la altura de la calle de Córcega, para el mismo caudal de 250 litros, es el de 60 céntimos. Para usos industriales, los precios varían entre 12 céntimos como mínimo, para consumos de más de 200 metros cúbicos, y 45 céntimos para el de 2.

Las diferentes condiciones en que para el abastecimiento de aguas se halla cada población impide sacar grandes enseñanzas de las comparaciones. Sin embargo, por si alguna utilidad puede prestar, se ha formado el anejo núm. 5 de los precios de venta en diversas poblaciones de España y del extranjero, según los datos recibidos, á petición de la Asesoría, de las municipalidades respectivas, ó recogidos en las publicaciones oficiales.

La Sociedad general emplea casi exclusivamente para la venta del agua el sistema de contador, y en algunos casos el de llave de aforo. El agua medida por el contador se paga por el propietario de la finca, quien regula el caudal por una llave de paso, que hace funciones de llave de aforo, y la distribuye entre sus inquilinos por depósitos repartidores, sistema cuyos inconvenientes son bien conocidos, y es causa de que las aguas pierdan, en muchos casos, sus condiciones originales de pureza al salir por los grifos; así como una valla casi insuperable al aumento del consumo hasta el límite requerido por la higiene pública y privada.

Los usuarios de las aguas de Moncada no son abonados, sino verdaderos propietarios. El Excmo. Ayuntamiento saca á subasta la venta de las aguas disponibles por el tipo mínimo de 3.000 pesetas la pluma, ó sea el derecho á perpetuidad al consumo de dos metros cúbicos de agua por día, aproximadamente. La medida se hace por llave de aforo.

Como la mayor parte de las aguas que Barcelona consume han de elevarse mecánicamente, es interesante determinar qué importancia tiene el coste de la elevación en el metro cúbico del agua vendida.

En dicho coste influyen multitud de causas, y más especialmente las siguientes:

1.^a Importancia de la instalación. Las instalaciones pequeñas son relativamente más costosas, y exigen más gastos que las de grande importancia.

2.^a Naturaleza de la fuerza motriz. Prescindiendo de la fuerza hidráulica, de aplicación no fácil en Barcelona, las disponibles son las de vapor, gas pobre y eléctrica. La última puede tomarse de una de las redes de Barcelona, ó producirse en lugar donde exista un salto de agua, para transmitirla á la estación elevadora. En términos generales, en las estaciones elevadoras, ha de preferirse, en cuanto sea posible, la sencillez de las instalaciones, para asegurar la regularidad del servicio.

Se comprende, por lo expuesto, que sólo es posible fijar el precio del agua en cada caso concreto, y después de formar el proyecto detallado de una instalación determinada. Por lo tanto, las deducciones siguientes sólo han de tener el carácter de aproximadas.

Teóricamente, para elevar un metro cúbico de agua á la altura de un metro, hay que invertir un trabajo mecánico de 1.000 kilogrametros.

Esto equivale á suponer que el rendimiento de las máquinas elevadoras es perfecto. En la práctica sólo puede contarse con un rendimiento de 65 por 100, que, para mantenernos en límites de la mayor prudencia, reduciremos á 60 por 100; cifra según la cual, para elevar un metro cúbico de agua á un metro de altura, es preciso absorber 1.666 kilogrametros.

Un caballo de vapor desarrolla en una hora 270.000 kilogrametros; y, por lo tanto, en las citadas condiciones de rendimiento, con la potencia de un caballo podrán elevarse, por hora, $\frac{270.000}{1.666} = 162$ metros cúbicos, á la altura de un metro.

El precio del caballo-hora lo estimamos en 7 céntimos de peseta. Ciertamente este precio desciende bastante en las grandes centrales, y en cambio se duplica y triplica en las pagueñas instalaciones; pero tratándose de estaciones elevadoras de 100 á 200 caballos, puede aceptarse como cifra media. Así, el valor de la fuerza necesaria para elevar un metro cúbico de agua á la altura de un metro resulta ser $\frac{0,07 \text{ ptas.}}{162 \text{ m}^3} = 0,00043$ pesetas.

El valor de las instalaciones varía enormemente según su importancia. Suponiendo sea de 1.400 pesetas por caballo, incluso el valor de la maquinaria y de los edificios, y contando, como interés y amortización, con el 14 por 100 de esta cantidad, se llega á la cifra aproximada de 200 pesetas por caballo y año, que grava el precio del metro cúbico elevado de modo muy distinto, según el número de horas que marche la instalación. Suponiendo que sólo trabaje quince horas diarias, el agua elevada al año, por caballo, á un metro de altura, será:

$162 \text{ m}^3 \times 365 \text{ días} \times 15 \text{ horas} = 886.950$ metros cúbicos. Y el metro cúbico de agua elevada resulta gravada en

$$\frac{200 \text{ ptas.}}{886.950 \text{ m}^3} = 0,00022 \text{ pesetas.}$$

En resumen, el precio del agua por metro cúbico y metro de altura puede estimarse como sigue:

	Pesetas.
Gastos de explotación	0,00043
Intereses y amortización de la instalación elevadora.....	0,00022
TOTAL.....	0,00065

Es decir, que el agua elevada á 100 metros de altura resulta á 6,5 céntimos de peseta por metro cúbico.

En París, el agua elevada en las mismas condiciones resulta á 3,27 céntimos (1). En otras ciudades alcanza á 10 céntimos. El problema es tan lato, que resulta imposible llegar, *a priori*, y en términos generales, á una cifra indiscutible.

De todos modos, teniendo en cuenta que en Barcelona sólo una parte del agua ha de elevarse á alturas de alguna consideración, y que precisamente las grandes industrias se hallan en las zonas más bajas, se desprende que la elevación del agua, sin ser un factor despreciable, no altera profundamente el problema del abastecimiento, considerado en toda su generalidad.

Resumen.

Los derechos de las entidades diversas que abastecen á Barcelona, ya con aguas de propiedad privada, ya con aguas del dominio público concedidas con arreglo á la legislación vigente, aparecen consignados en los anejos números 1 á 3, sin perjuicio de los que nacen de los contratos estipulados entre el excelentísimo Ayuntamiento y las Sociedades proveedoras de agua para los servicios públicos. Dos hechos salientes resultan de su examen; las concesiones se han hecho á perpetuidad, y sólo podría

(1) Creemos que no están comprendidos en este precio los intereses y amortización de las instalaciones.

caducar alguna en el caso de no terminarse obras que falta ejecutar dentro de los plazos señalados; y el volumen suministrado por las Compañías es muy superior al suministrado por el excelentísimo Ayuntamiento. La intervención municipal en asunto tan importante para la vida de Barcelona resulta casi nula, sin que dependa del Municipio revisar tarifas, regular los sistemas de venta ni introducir reformas en la distribución. No compete por el momento á la Asesoría insistir sobre los inconvenientes de tan desventajosa situación. Son de todos conocidos, y causa principal de las iniciativas del Excmo. Ayuntamiento para mejorarla; pero no estará de más presentar algunas consideraciones encaminadas á precisar en qué condiciones se presenta en Barcelona el problema de las aguas.

Se ha calculado anteriormente que para el buen abastecimiento de Barcelona basta, hasta el momento en que su población alcance un millón de habitantes, con un caudal de 300.000 metros cúbicos diarios, lo que representará entonces 300 litros por día y habitante. Si de ese volumen se dispusiera desde luego, el caudal por día y habitante, para la población actual de 600.000 habitantes, sería de 500 litros. Por otra parte, para que la población actual disponga de los 300 litros por día y habitante que para el porvenir se conceptúan como mínimo aceptable, serían precisos 180.000 metros cúbicos por día.

Barcelona dispone ya de 88.570, lo que indica le faltan 91.430 para 600.000 habitantes y 211.430 para un millón.

Utilizando las concesiones firmes, podría disponer de 178.140 metros cúbicos, y le faltarían 1.860 y 121.860 respectivamente, cifra la primera prácticamente despreciable, y que significa podría considerarse el abastecimiento actual como completo. Finalmente, si se consolidasen todas las concesiones, el total disponible sería de 231.530 metros cúbicos; sobraría agua para las necesidades actuales, y faltarían 68.470 metros cúbicos por día para las previstas para dentro de treinta años.

El primer caso supone siga haciéndose el surtido en las mismas condiciones en que hoy se hace.

El segundo, que se complemente el surtido, ejecutándose por el Excmo. Ayuntamiento las obras necesarias para utilizar todas sus aguas en la mina de Moncada y pozos del Besós, y que por la Compañía del Llobregat se hagan también las precisas para poner en explotación su concesión de 15 de Octubre de 1866.

El tercero, que además de estos trabajos del Excmo. Ayuntamiento y Compañía del Llobregat, la Sociedad general de Aguas de Barcelona, consolidando la totalidad de la concesión de 26 de Abril de 1905, de aguas subálveas artesianas del delta del Llobregat, abra nuevos pozos de toma, y haga las instalaciones mecánicas necesarias para elevar los 86.400 metros cúbicos diarios de agua á que dicha concesión le da derecho.

Todo ello en el supuesto de que el servicio continúe haciéndose como hasta aquí; en una pequeña parte por el Municipio, y en otra mayor, é independiente de la acción municipal, por particulares ó Compañías que vendan al público y al mismo Municipio aguas de propiedad privada ó procedentes de concesiones del Estado.

Si el Excmo. Ayuntamiento quisiera hacer *por sí* un abastecimiento completo, simultáneo ó no con el hecho por las Compañías y particulares, la cifra que debería tomarse como base para determinar el agua necesaria en Barcelona sería la de metros cúbicos 34.200 por día, de que dicha Corporación puede disponer. Para completar por sí mismo el surtido para una población de 600.000 habitantes debería aumentar sus disponibilidades en 145.800 metros cúbicos más, y para la de un millón en 265.800.

De cómo y de dónde habría de obtener el Municipio de Bar-

celona estos volúmenes de agua para distribuirlos directamente al consumo privado y al riego de calles, limpieza de alcantarillas y demás servicios públicos, no es posible formar juicio exacto mientras no se hayan examinado y comparado las proposiciones presentadas al último concurso abierto por la Comisión de abastecimiento de aguas de Barcelona, y se hayan precisado bien las ofertas en todo lo que tengan de oscuro ó ambiguo. Esa comparación dirá si es posible y preferible adquirir las aguas con que ya de hecho se surte Barcelona, ó acudir á las ofrecidas, según otros proyectos y concesiones, ó explorar nuevas tomas, ó combinar varios de estos sistemas entre sí.

Cualquiera que sea la solución adoptada deberá, para ser considerada como perfecta, satisfacer á las siguientes condiciones:

Garantir, previo aforo, el volumen de agua indispensable á las necesidades de Barcelona. dentro de los límites prudenciales indicados en este informe.

Suministrar agua limpia, insípida y transparente, y cuya composición química permita clasificarla entre las potables, previo análisis hecho con arreglo á las prescripciones del Real decreto de 22 de Diciembre de 1908.

Suministrar en las tomas de origen agua pura desde el punto de vista bacteriológico, y conducirla y distribuirla hasta los grifos de consumo por obras bien dispuestas para evitar la contaminación.

Prever las obras generales de conducción y distribución atendiendo las necesidades presentes y futuras, y de modo que permitan su ampliación progresiva, respondiendo siempre á un plan de conjunto debidamente estudiado.

Permitir la distribución escalonada, conservando en todos los puntos de la zona abastecida el nivel piezométrico indicado anteriormente como necesario, y asegurando la alimentación normal y continua de todos los servicios públicos y privados.

Permitir la adopción de tarifas y sistemas de venta de agua que favorezcan el aumento de consumo hasta los límites requeridos por la higiene y las necesidades de la vida moderna.

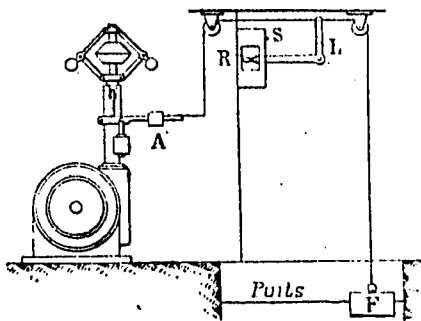
Enrique Gadea.—Mariano Rubió.—Ramón Montagut.—Cornelio Arellano.—Pedro Falqués.—José Gómez del Castillo

(Continuará.)

Revista de las principales publicaciones técnicas.

Regulador de consumo para bomba aspirante.

En el *Electrical World*, del 4 de Mayo, describe M. Webster una disposición muy sencilla que permite regular el consumo de una bomba de vapor de agotamiento en función del flujo del agua que hay que evacuar; esta disposición, instalada en una bomba para las aguas de las alcantarillas de una gran ciudad americana, se representa en la figura.



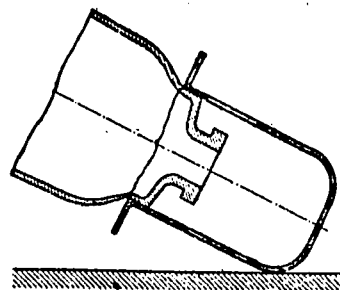
La palanca *A* de gobierno del mecanismo del regulador, muy sensible, de la bomba de vapor se ha unido sencillamente, después de haberla cargado de un peso, á un flotador *F*, sumergido en un pozo que se comunica con la alcantarilla que conduce el agua que se ha de evacuar con la bomba y que equilibra el peso adicional de esta palanca; de este modo, toda elevación del agua en esta alcantarilla se traduce inmediatamente por una aproximación de las esferas del regulador, y, por consecuencia, por un incremento, de la tasa de introducción al cilindro de vapor, de la velocidad de la máquina y del consumo de la bomba. Un descenso del nivel produce, por el contrario, un retraso de este motor y del consumo de la bomba.

La instalación se completa por una lámpara incandescente *R*, fijada á la extremidad de una palanca *Z*, movida por la cuer-

da del flotador *F*; esta lámpara aparece en el hueco de una pantalla *S*, en tanto que el nivel del agua de la alcantarilla permanece comprendido entre los límites normales. Desde que este nivel sobrepasa uno ú otro de estos límites, la lámpara *R* desaparece detrás de esta pantalla, lo que sirve para avisar al mecánico.

Causas de la explosión de un tubo de gas comprimido.

La *Zeits. des Ver. deutsch. Ingen.*, del 4 de Mayo, reproduce una nota en la cual M. Bach da cuenta de los resultados de su investigación acerca de las causas de la explosión de un tubo de ácido carbónico, caído de un carruaje, en Stuttgart. El tubo en cuestión parecía en excelente estado y su válvula estaba cubierta de una tapa atornillada.



El autor hace notar que el punto del tubo en que la rotura se produjo, visible en la sección longitudinal, es aquel en que el metal ha sido más profundamente adelgazado por el estirado que ha sufrido; que, además, la tapa atornillada sobre la válvula y sobre la cual ha caído el tubo (posición indicada en la figura) ha alargado considerablemente el brazo de palanca por el cual