

**El abastecimiento de aguas potables es una más entre las múltiples exigencias de la ciudad moderna. Estas aguas, capaces por su cantidad y calidad para satisfacer las distintas necesidades de la vida ciudadana, deben atender en primer lugar al consumo doméstico, proporcionando agua para la bebida, el aseo personal y casero y para la limpieza, y ayudando a la adecuada evacuación de los residuos que el vivir produce.**



# la sed de las ciudades

El consumo ciudadano exige grandes volúmenes de agua, ya que la salubridad e higiene públicas dependen de este elemento vital, el cual se emplea para atender al riego de las calles y al mantenimiento y conservación de parques y jardines, siempre escasos en el medio ciudadano, que no logra combinar el necesario artificio de la urbe con los encantos y ventajas de la naturaleza. No acaban con esto las necesidades de agua de la ciudad. La industria y el comercio exigen considerables volúmenes, los cuales sobrepasan en muchos casos los relativamente modestos consumos urbanos. Así sucede en aquellas ciudades que incorporan industrias básicas del papel o del acero, grandes consumidoras de agua. La ciudad, como todo ser vivo, necesita su diaria aportación de agua, pero no sólo la necesita para vivir, su crecimiento y desarrollo viene determinado por ella. Es el elemento vital que condicionará su futura evolución. ¿De qué manera se satisface esta diaria necesidad de agua de la ciudad? En este artículo vamos a pasar revista a los métodos y soluciones de que dispone la técnica hidráulica para dotar a la ciudad de aguas adecuadas y suficientes, sin entrar en detalles, innecesarios para las personas que han de abarcar los múltiples problemas de la técnica urbana.

Hay que advertir, en primer lugar, que la técnica de la distribución del agua ha llegado hace bastante tiempo a su madurez por más que vaya incorporando paulatinamente nuevos logros que mejoran la calidad o economía en sus procedimientos, tal es el caso relativamente reciente del empleo de conductos de hormigón pretensado o materiales plásticos en el campo de las conducciones, de la desalinización del agua del mar en las fuentes de aprovechamiento, o de los sistemas perfeccionados del tratamiento y depuración de las aguas.

La más inmediata realidad en el campo de la distribución del agua la constituyen las necesidades de la ciudad, es decir, los volúmenes y caudales de agua que han de llegar al consumidor, la repartición diaria y mensual de estos caudales y la previsión de los incrementos de consumo que origina el crecimiento demográfico e industrial de las poblaciones, así como su progresivo aumento de nivel de vida. Todos estos factores fijan conjuntamente la demanda creciente y condicionan las soluciones y sistemas óptimos para atenderla, lo que exige la sucesiva ampliación de las captaciones, conducciones hasta la ciudad, depuración de las aguas, almacenamiento para proporcionar los caudales instantáneos, elevaciones a las zonas altas de la ciudad y conducción desde los depósitos hasta los usuarios a través de las redes en malla de tuberías dentro de las zonas antiguas y ampliadas de una ciudad siempre cambiante.

Actualmente es normal disponer de una dotación por habitante y día de 100 a 200 litros para los usos consuntivos domésticos. Incluyendo los públicos, riegos de calles y jardines, piscinas, etcétera, y los industriales, las dotaciones de la mayor parte de las grandes poblaciones españolas sobrepasan los 250 litros. Madrid, concretamente, consumió el año 1966 327,8 millones de metros cúbicos de agua potable, lo que equivale a una dotación media por habitante y día de 314 litros, inferior, sin embargo, a las dotaciones de las más importantes ciudades de los países desarrollados, que alcanzan, y en algunos casos superan los 500 litros. Ahora bien, el consumo de agua no se mantiene constante a lo largo del año, sino que tiene ciertas oscilaciones horarias, diarias y mensuales, lo que obliga al suministro de caudales máximos instantáneos muy superiores a los medios. En las grandes ciudades estos caudales máximos llegan a ser 2,4 veces los medios y en las zonas rurales y balnearias suelen cuadruplicarse los caudales medios durante los meses estivales.

Dentro de estas consideraciones generales el usuario ha de recibir a domicilio el agua que necesita, prácticamente la que desea, con la presión sufi-



Sistema Oeste del Abastecimiento de Agua a Madrid. Estación de Bombeo de Picadas.

ciente, y corresponde al suministrador, estatal, municipal, o particular, según los casos, el efectuar este servicio para lo cual y siguiendo el mismo camino del agua ha de disponer en primer lugar de las fuentes adecuadas al abastecimiento.

Estas han sido secularmente para los núcleos pequeños de población las fuentes naturales cercanas, de aguas potables, pero a medida que se han ido desarrollando las grandes ciudades ha sido necesario utilizar cada vez con mayor amplitud los recursos superficiales de los grandes cursos de agua más o menos cercanos a la urbe. Así a la escasa envergadura de las fuentes primeras han seguido los sistemas complejos de embalses o las captaciones directas en los ríos, fueran éstos vecinos o ya un tanto alejados de los centros de consumo. Un ejemplo típico de la extensión de las fuentes de abastecimiento hacia nuevas áreas lo presenta el abastecimiento de agua a Madrid, que acaba de incorporar al suministro tradicional de la zona Norte las aguas procedentes del río Alberche, en la zona Oeste, iniciando el camino de futuras ampliaciones en este sector. En los gráficos adjuntos a este artículo recogemos información de diversos aspectos

de esta obra, notable tanto por la novedad de su diseño, como por el reducido plazo de ejecución.

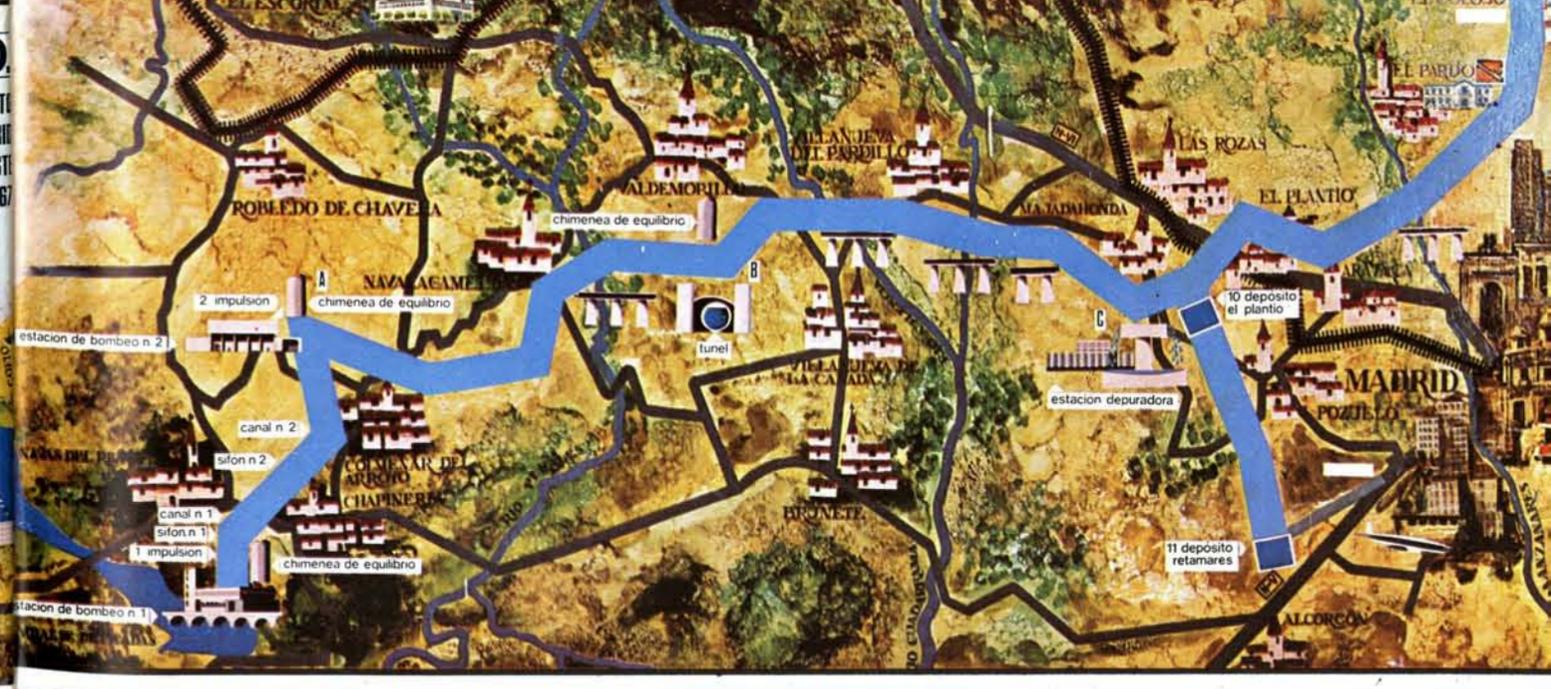
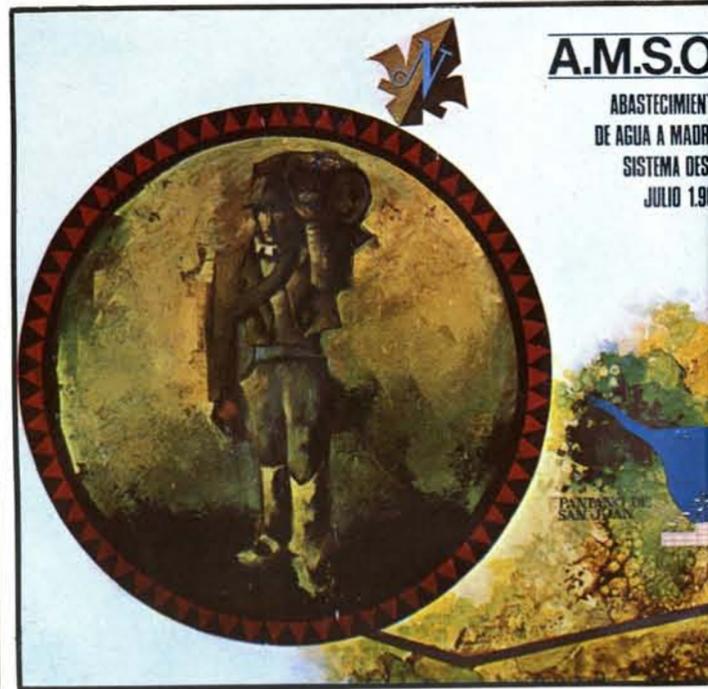
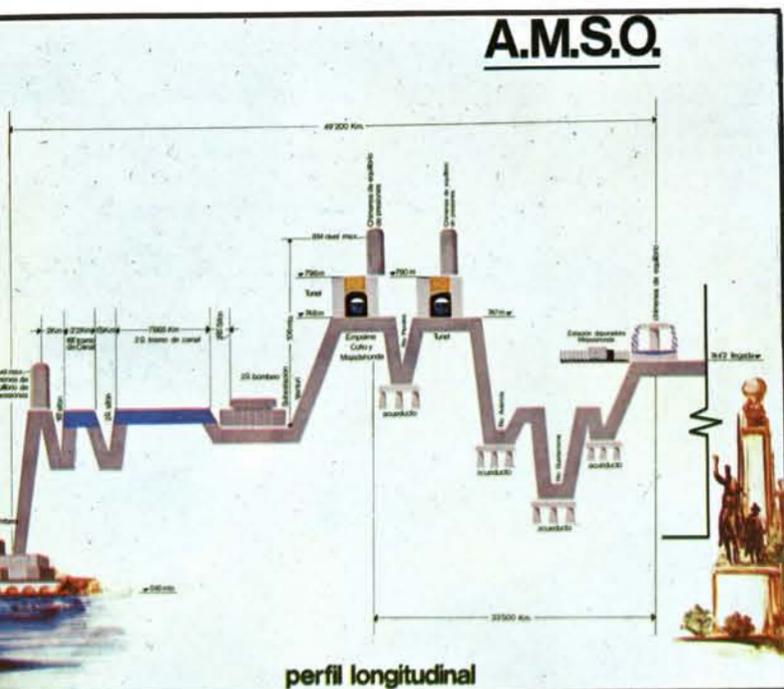
Las aguas, acumuladas en los embalses reguladores o en los mantos subterráneos, o bien derivadas de los cursos superficiales o de los lagos, se conducen seguidamente hasta las proximidades de la ciudad mediante canales cubiertos o a través de tuberías. Hasta hace poco tiempo los aprovechamientos se elegían en zonas que dominaban por su nivel la ciudad y así se transportaban las aguas de forma rodada hasta su destino final. Hoy, agotadas en muchos casos las reservas a mayor altitud, empieza a ser cada vez más frecuente la elevación mecánica de éstas, una vez que la técnica ha obviado los variados problemas que presentaban dichas elevaciones, encontrando las soluciones adecuadas.

Cuando las aguas han llegado a la proximidad de la ciudad se procede a su tratamiento y depuración. Hace algún tiempo sólo en contados casos era necesaria la corrección de las aguas. Hoy, en cambio, al ser preciso acudir, con escasas posibilidades de elección, a fuentes de aguas que no son potables en su estado natural, es imprescindible su depuración. Unas ve-

ces será el contenido en materias en suspensión lo que exigirá la clarificación del agua, otras sus contaminaciones, y en algunos casos, raros por ahora, habrá que eliminar algunas de las materias químicas en disolución.

La utilización progresiva de aguas de peor calidad ha sido posible gracias a los logros de la técnica mundial, que ha conseguido ampliar e industrializar los procesos de depuración. Hoy en día las estaciones depuradoras son verdaderas factorías en las que se producen aguas claras y asépticas. Cuando las aguas llegan turbias sus impurezas son decantadas y en seguida, previa la adición de coagulantes, se provoca la agrupación de las microscópicas micelas de material orgánico e inorgánico en flóculos a los que se adhieren la mayor parte de las bacterias. Luego se eliminan, mediante filtración en lecho de arena, estas agrupaciones milimétricas y se obtiene agua cristalina. Más tarde, antes de que el agua esté lista para el consumo, habrá que esterilizar los escasos gérmenes que han podido escapar a la filtración. Esta operación, basada generalmente en el cloro, permite también incorporar una capacidad de esterilización residual que servirá para contrarrestar las nunca imposibles contaminaciones que pueda sufrir el agua

Sistema Oeste del Abastecimiento de Aguas a Madrid. Perfil longitudinal, y esquema general de la Primera Fase.



## la sed de las ciudades

dentro de la red urbana, antes de llegar al consumidor.

Las aguas ya depuradas salen de las estaciones de tratamiento y se dirigen ahora hacia los depósitos que cumplen una doble función. Por una parte permitirán la continuidad del servicio, aunque se produzcan averías en los ya múltiples pasos que conducen el agua hasta la ciudad. Esta es su función de reserva que garantiza el suministro. Por otra, permiten atender a las puntas del suministro horario e instantáneo invirtiendo el régimen regular y constante de la traída general para proporcionar los mayores volúmenes de agua que la ciudad consume a primeras horas de la mañana, a mediodía y por la tarde, con recuperación en las horas nocturnas de los gastos realizados durante el día a costa del descenso de sus reservas. Esta última función viene a exigir una capacidad útil de depósito de un 20 por 100 a un 35 por 100 del volumen del máximo consumo diario. La primera, deseable en la mayor cuantía posible, pero limitada por razones económicas, suele ceñirse a la reserva del volumen diario como máximo.

También la técnica de los depósitos reguladores ha experimentado importantes avances utilizando las técnicas constructivas de más reciente desarrollo. Así se ha pasado de los macizos depósitos de sillería a los de hormigón armado o pretensado, adoptando formas circulares o rectangulares, siendo éstas más propicias a la modulación de los elementos estructurales y de cubierta.

Las zonas más elevadas de la ciudad no batidas por el nivel de los depósitos enterrados exigen la implantación de otros elevados que las sirvan. Estos son minoría en las ciudades de relieve accidentado y son necesariamente abundantes en las situadas en amplias llanuras no dominadas por colinas más o menos inmediatas. También los modelos estructurales han prestado múltiples aplicaciones a los depósitos en torre, de los que muchas ciudades dan variadas muestras de soluciones en hormigón armado y en estructuras metálicas, cuyos tipos van de la forma de gota de agua a la de voluminosos tanques esféricos o aplastados. Unos y otros depósitos se distribuyen por las distintas áreas geográficas de la ciudad y reciben mediante las arterias principales las aguas recién depuradas. Los depósitos elevados traen consigo la implantación de otras tantas e importantes estaciones de bombeo dentro de la ciudad. Desde los depósitos el agua se distribuye a los consumidores a través de la espesa malla que corre a uno y otro lado de las múltiples calles de la ciudad. Malla cerrada y constantemente intercomunicada para poder asegurar el suministro en caso de avería de algún ramal y para evitar que los usuarios en



*Sistema Oeste del Abastecimiento de Agua a Madrid. Estación de Bombeo y Embalse de Picadas*

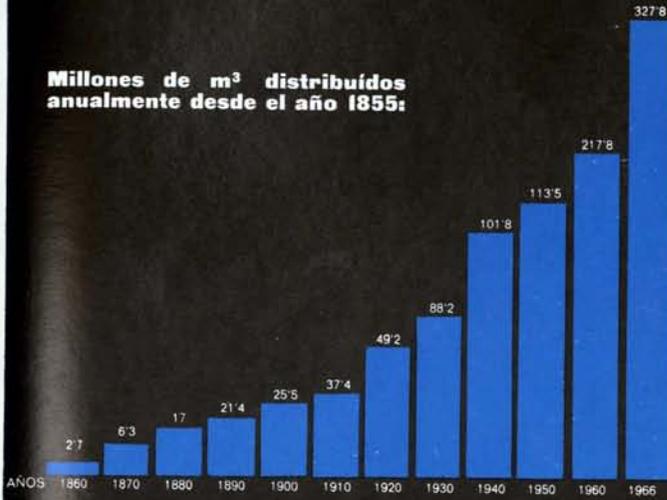
cola, de la red, puedan ver disminuida en exceso la presión como consecuencia de las demandas en horas puntas de los restantes usuarios. Las redes de distribución son, quizá, dentro de la técnica del abastecimiento las que menos innovaciones han experimentado con el transcurso del tiempo. Las tuberías, válvulas, hidrantes y demás accesorios de estas instalaciones han conservado su vigencia desde las primeras distribuciones ciudadanas. Sólo habrán de anotarse las instalaciones de recuperación de presión directamente

enganchadas a la red, que permiten forzar la capacidad de los conductos en servicio antes de pasar a nuevos montajes de diámetros crecientes.

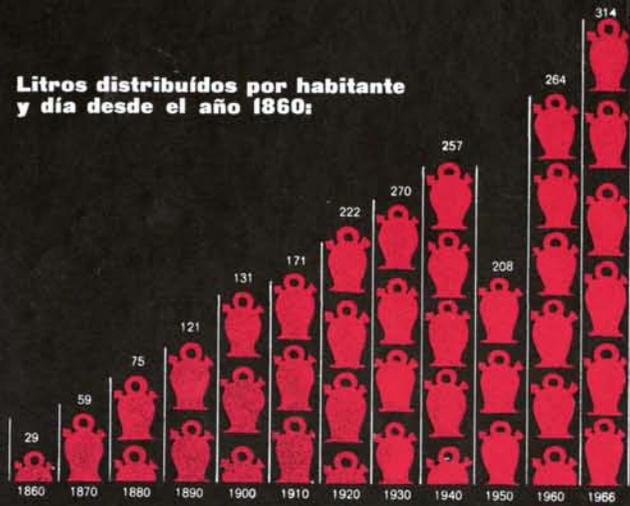
Esta es en síntesis la estructura del abastecimiento de agua a la ciudad, sujeta, al igual que sus restantes servicios a la complejidad de los elementos a coordinar que exigen detallados estudios en busca de las soluciones óptimas, delicadas previsiones para el futuro y una continuada atención y esfuerzo para conseguir este logro que

Así ha ido aumentando el consumo de agua en Madrid:

Millones de m<sup>3</sup> distribuidos anualmente desde el año 1855:



Litros distribuidos por habitante y día desde el año 1860:



Sistema Oeste del Abastecimiento de Agua a Madrid. Fuente terminal de Control de Majadahonda.

parece tan sencillo cuando al abrir los grifos en nuestro domicilio corre generosa la vena del agua cristalina.

Todo ello es, en resumen, el logro de la civilización. Es la sed de la ciudad que se satisface. Es también la imagen de la ciudad deseada que el agua simboliza. Un agua más pura y abundante para una ciudad armónica y humana. Para esa ciudad mejor.

**Luis Zapico Maroto.** Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos. Dirección General de Obras Hidráulicas (M. O. P.).